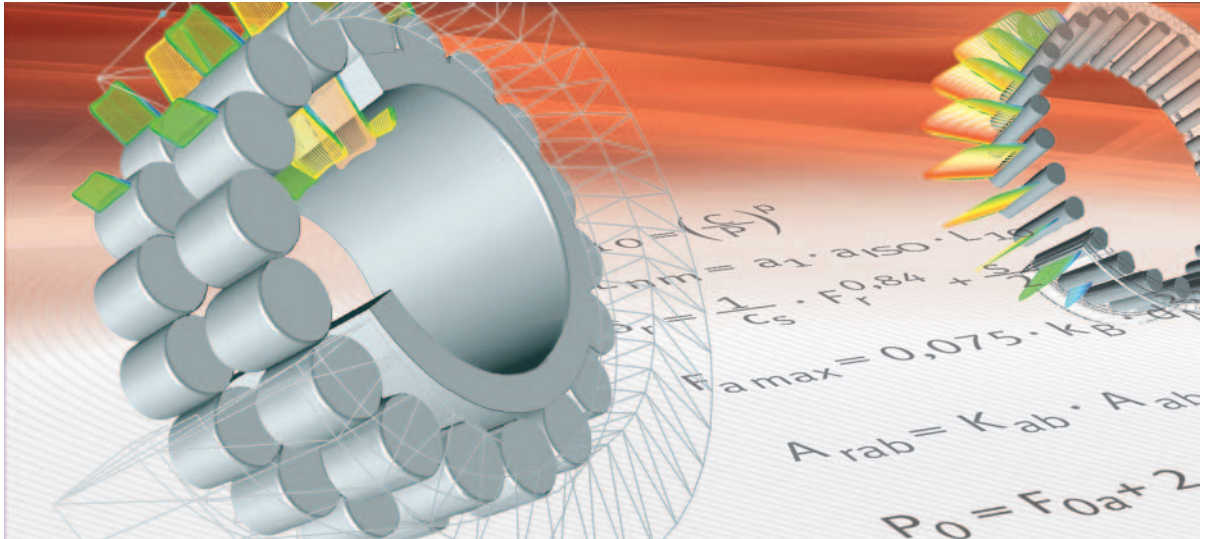




FAG



Technische Grundlagen

- Lagerbauarten
- Lageranordnungen
- Passungen
- Lagerluft und Betriebsspiel
- Form- und Lagetoleranzen
- Sicherheitshinweise
- Vorbereitungen zum Ein- und Ausbau
- Maß- und Formprüfung
- Schmierung
- Aufbewahrung von Wälzlagern
- Dichtungen
- Lagergehäuse

Technische Grundlagen

		Seite
Lagerbauarten	Wälzlager	4
	Hauptanforderungen an die Lager	4
	Wälzlagerbauformen	5
Lageranordnungen	Lageranordnungen	6
	Fest-Loslagerung.....	6
	Angestellte Lagerung	9
	Schwimmende Lagerung	12
Passungen	Kriterien für die Wahl der Passung	13
	Sitz für Axiallager.....	13
	Umlaufverhältnisse.....	14
	Toleranzfelder.....	15
Lagerluft und Betriebsspiel	Radiale Lagerluft	16
	Hüllkreis	18
	Betriebsspiel.....	19
	Größe des Betriebsspiels	19
	Betriebsspiel berechnen	19
	Axiale Lagerluft.....	21
Form- und Lagetoleranzen	Form- und Lagetoleranzen der Lagersitzflächen	22
	Genauigkeit der Lagersitzflächen.....	22
Sicherheitshinweise	Hinweise zur Montage von Wälzlagern	25
	Allgemeine Sicherheitsbestimmungen	25
	Qualifikation des Personals.....	25
	Persönliche Schutzausrüstung	25
	Sicherheitsvorschriften	25
	Transportvorschriften	26
Vorbereitungen zum Ein- und Ausbau	Arbeitsbedingungen	27
	Richtlinien für den Einbau	27
	Behandlung der Wälzlager vor dem Einbau.....	28
	Sauberkeit bei der Montage	28
	Anschlusssteile.....	28
Maß- und Formprüfung	Vermessen des Lagersitzes	29
	Zylindrische Sitzflächen	29
	Kegelige Sitzflächen.....	31
	Hüllkreis	32

	Seite		
Schmierung	Grundlagen.....	34	
	Aufgaben des Schmierstoffes	34	
	Wahl der Schmierungsart	34	
	Gestaltung der Schmierstoffleitungen	35	
	Schmierfette.....	36	
	Erst- und Neubefettung.....	36	
	Wälzlagerfette Arcanol	38	
	Schmieröl	38	
	Weitere Informationen	38	
	Aufbewahrung von Wälzlagern	Korrosionsschutz und Verpackung	39
		Aufbewahrungsbedingungen	39
Aufbewahrungszeiten		39	
Dichtungen	Einteilung von Dichtungen	40	
	Berührungslose und berührende Dichtungen	40	
	Einbauraum und Randbedingungen einer Dichtstelle.....	41	
	Einbauraum	41	
	Dichtungslaufläche	42	
	Montagehinweise	42	
	Montage von Dichtungen.....	42	
	Montage von O-Ringen	45	
Demontage von Dichtungen	45		
Lagergehäuse	Gehäusebauformen	46	
	Gehäuse in Fest- und Loslagerausführung	47	
	Gehäuse mit Festringen	48	
	Gehäusedichtungen.....	48	
	Montage.....	49	
	Ringschrauben.....	50	
	Beschaffenheit der Aufspannfläche.....	51	
	Anziehdrehmomente für Verbindungsschrauben	51	
	Anziehdrehmomente für Fußschrauben	52	
	Horizontale Fixierung	53	

Lagerbauarten

Wälzlager

Rotatorische Wälzlager haben die Aufgabe (Funktion), Teile, die relativ zueinander beweglich sind, zu führen und gegenüber der Umgebung abzustützen. Dabei nehmen sie Kräfte auf und übertragen diese in die Anschlusskonstruktion. Sie übernehmen damit Trag- und Führungsaufgaben und stellen so die Verbindung zwischen ruhenden und bewegten Maschinenteilen her.

Die Funktion „Tragen“ beinhaltet, Kräfte und Momente zwischen den relativ zueinander bewegten Teilen zu übertragen.

Bei der Funktion „Führen“ steht im Vordergrund, die Position relativ zueinander bewegter Teile in angemessener (meist hoher) Genauigkeit festzulegen.

Hauptanforderungen an die Lager

Die technische Realisierung orientiert sich an den beiden Hauptforderungen:

- Die Funktion muss sichergestellt sein beziehungsweise möglichst lange erfüllt werden
- Der Bewegungswiderstand (Lagerreibung) soll möglichst gering sein, um den Energieaufwand für die Bewegung zu verringern (Energieeffizienz).

Wälzlagerbauformen

Eine Übersicht der typischen Lagerarten für drehende Bewegungen zeigt folgendes Schema, *Bild 1*.

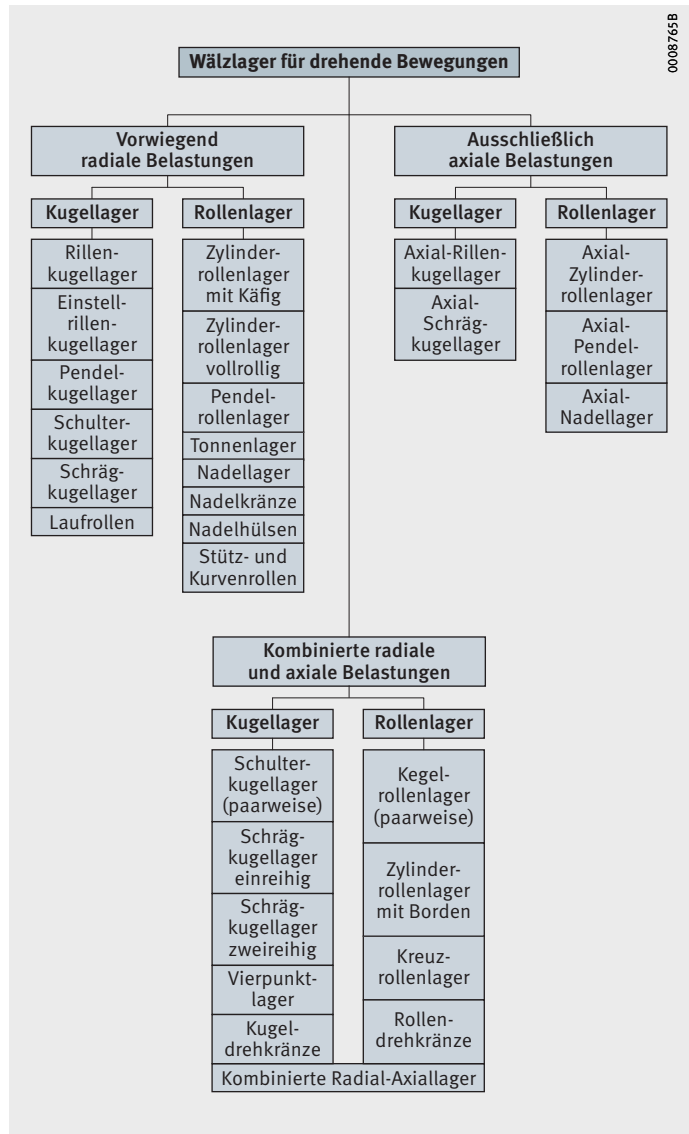


Bild 1
Übersicht der Wälzlagerbauformen

Lageranordnungen

Lageranordnungen

Zur Führung und Abstützung einer umlaufenden Welle sind mindestens zwei Lager erforderlich, die in einem bestimmten Abstand voneinander angeordnet sind. Je nach Anwendung wählt man zwischen einer Fest-Loslagerung, einer angestellten Lagerung oder einer schwimmenden Lagerung.

Fest-Loslagerung

Bei einer Welle, die in zwei Radiallagern abgestützt ist, stimmen die Abstände der Lagersitze auf der Welle und im Gehäuse durch Fertigungstoleranzen häufig nicht überein. Auch durch Erwärmung im Betrieb verändern sich die Abstände. Diese Abstandsunterschiede werden im Loslager ausgeglichen. Beispiele für Fest-Loslagerungen zeigen *Bild 1* bis *Bild 7*, Seite 9.

Loslager

Ideale Loslager sind Zylinderrollenlager mit Käfig N und NU sowie Nadellager, *Bild 1* ②, ④. Bei ihnen kann sich der Rollenkranz auf der Laufbahn des bordlosen Lagerrings verschieben.

Alle anderen Lagerbauarten, wie Rillenkugellager und Pendelrollenlager, wirken nur dann als Loslager, wenn ein Lagerring verschiebbar gepasst ist, *Bild 2*. Der mit Punktlast beaufschlagte Lagerring wird deshalb lose gepasst; meist ist dies der Außenring, siehe Seite 14.

- ① Rillenkugellager als Festlager und Zylinderrollenlager NU als Loslager
- ② Axial-Schräggugellager ZKLN als Festlager und Nadellager NKIS als Loslager

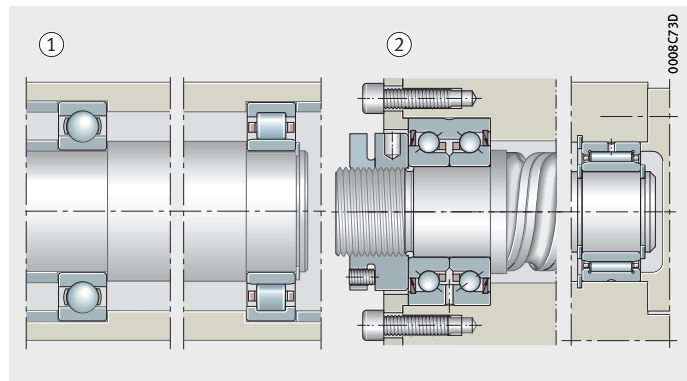


Bild 1
Fest-Loslager-Anordnungen

- ① Rillenkugellager als Fest- und Loslager
- ② Pendelrollenlager als Fest- und Loslager

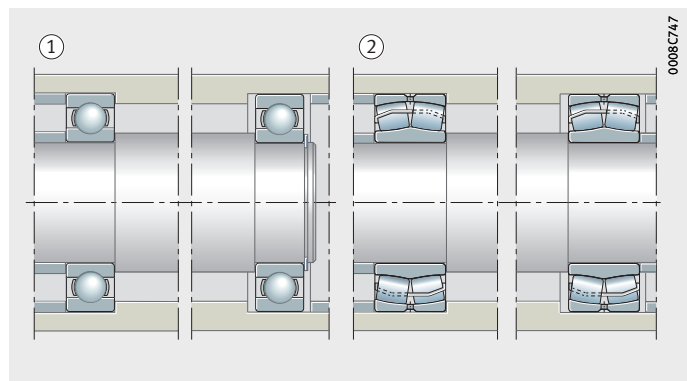


Bild 2
Fest-Loslager-Anordnungen

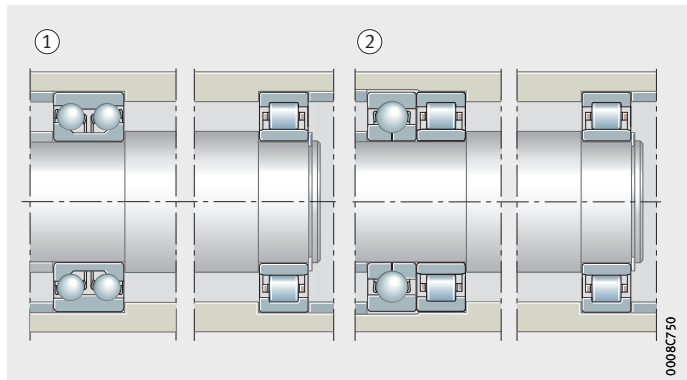
Festlager

Das Festlager führt die Welle axial und überträgt äußere Axialkräfte. Um Axialverspannungen zu vermeiden, wird bei Wellen mit mehr als zwei Lagern nur ein Festlager eingesetzt. Welche Lagerbauart als Festlager gewählt wird, hängt davon ab, wie hoch die Axialkräfte sind und wie genau die Welle axial geführt werden muss.

Mit einem zweireihigen Schrägkugellager, *Bild 3* ①, erzielt man zum Beispiel eine engere axiale Führung als mit einem Rillenkugellager oder Pendelrollenlager. Auch ein Paar spiegelbildlich angeordneter Schrägkugellager oder Kegelrollenlager, *Bild 4*, bietet als Festlager eine sehr enge axiale Führung.

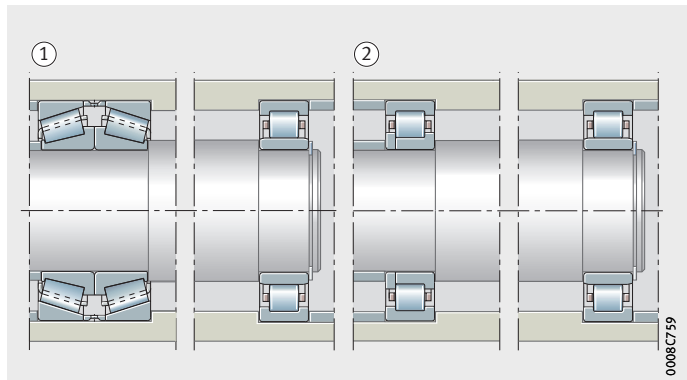
- ① Zweireihiges Schrägkugellager als Festlager und Zylinderrollenlager NU als Loslager
- ② Vierpunktlager und Zylinderrollenlager als Festlager und Zylinderrollenlager NU als Loslager

Bild 3
Fest-Loslager-Anordnungen



- ① Zwei Kegelrollenlager als Festlager und Zylinderrollenlager NU als Loslager
- ② Zylinderrollenlager NUP als Festlager und Zylinderrollenlager NU als Loslager

Bild 4
Fest-Loslager-Anordnungen

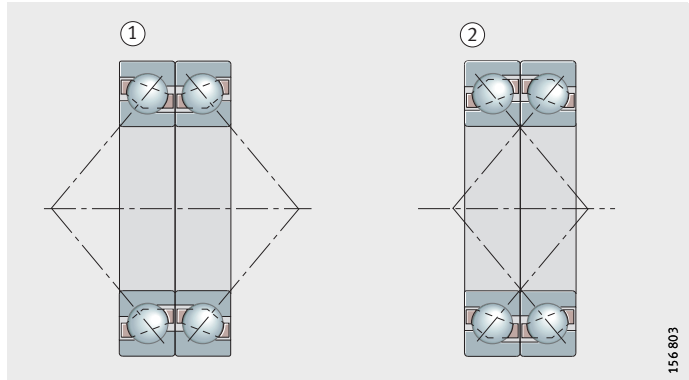


Lageranordnungen

Besonders vorteilhaft sind Schrägkugellager der Universalausführung, *Bild 5*. Die Lager können ohne Passscheiben in O- oder X-Anordnung beliebig gepaart werden. Schrägkugellager der Universalausführung sind so abgestimmt, dass sie beim Einbau in X- oder O-Anordnung geringe Axialluft haben (Ausführung UA), spielfrei sind (UO) oder leichte Vorspannung haben (UL).

Schrägkugellagerpaar
der Universalausführung
① O-Anordnung
② X-Anordnung

Bild 5
Festlager-Anordnungen



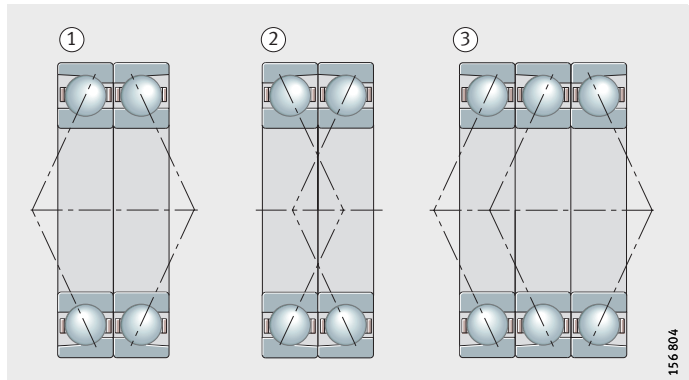
Spindellager der Universalausführung UL, *Bild 6*, haben beim Einbau in X- oder O-Anordnung leichte Vorspannung (Ausführungen mit stärkerer Vorspannung auf Anfrage).

Bei Getrieben wird manchmal ein Vierpunktlager direkt neben einem Zylinderrollenlager so eingebaut, dass eine Festlagerstelle entsteht, *Bild 3* ②, Seite 7. Das Vierpunktlager, dessen Außenring radial nicht unterstützt ist, kann nur axiale Kräfte übertragen. Das Zylinderrollenlager übernimmt die Radialkraft.

Bei niedrigerer Axialkraft kann auch ein Zylinderrollenlager mit Käfig NUP als Festlager verwendet werden, *Bild 4* ②, Seite 7.

Spindellager
der Universalausführung
① O-Anordnung
② X-Anordnung
③ Tandem-O-Anordnung

Bild 6
Festlager-Anordnungen

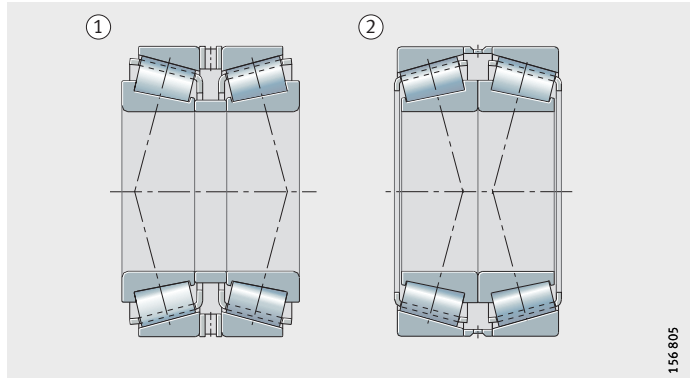


Keine Anstell- und Passarbeiten bei zusammengepassten Kegelrollenlagern

Auch zusammengepasste Kegelrollenlager als Festlager (313..-N11CA), *Bild 7* ②, erleichtern den Einbau. Sie sind mit entsprechender Axialluft so zusammengepasst, dass Anstell- und Passarbeiten nicht erforderlich sind.

- Kegelrollenlagerpaar
 ① O-Anordnung
 ② X-Anordnung

Bild 7
 Festlager-Anordnungen



Angestellte Lagerung

Diese Lagerungen bestehen meist aus zwei spiegelbildlich angeordneten Schrägkugel- oder Kegelrollenlagern, *Bild 8*. Bei der Montage wird ein Lagerring auf seinem Sitz so weit verschoben, bis die Lagerung das gewünschte Spiel oder die notwendige Vorspannung hat.

Einsatzbereich

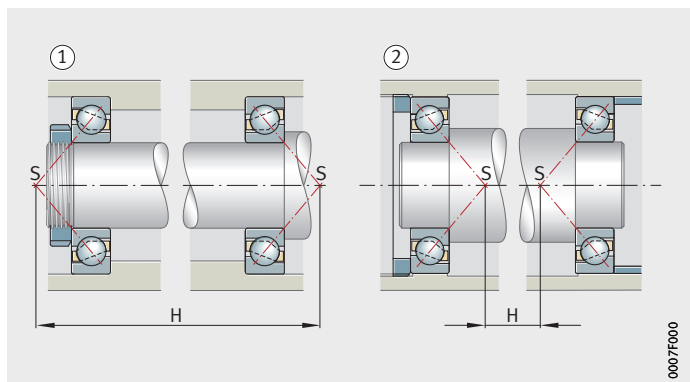
Durch diese Einstellmöglichkeit eignet sich die angestellte Lagerung besonders, wenn eine enge Führung notwendig ist, beispielsweise bei Ritzellagerungen mit spiralverzahnten Kegelrädern und Spindellagerungen bei Werkzeugmaschinen oder innerhalb der Rotorlagerung einer Windkraftanlage.

X- und O-Anordnung

Grundsätzlich wird zwischen der O-Anordnung, *Bild 8* ①, und der X-Anordnung, *Bild 8* ②, der Lager unterschieden. Bei der O-Anordnung zeigen die von den Drucklinien gebildeten Kegel mit ihren Spitzen S nach außen, bei der X-Anordnung nach innen. Die Stützbasis H, also der Abstand der Druckkegelspitzen zueinander, ist bei der O-Anordnung größer als bei der X-Anordnung. Die O-Anordnung ergibt daher das geringere Kippspiel.

- S = Spitzen der Druckkegel
 H = Stützabstand
 Schrägkugellager
 ① O-Anordnung
 ② X-Anordnung

Bild 8
 Angestellte Lagerung



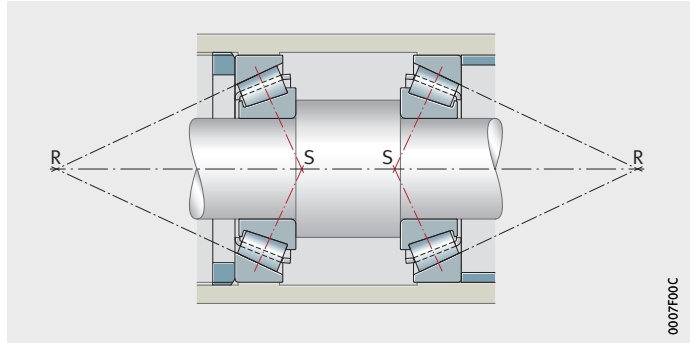
Lageranordnungen

Einfluss der Wärmedehnung bei X- oder O-Anordnung

Bei der Einstellung der Axialluft ist die Wärmedehnung zu berücksichtigen. Bei der X-Anordnung, *Bild 9*, führt ein Temperaturgefälle von der Welle zum Gehäuse immer zu einer Luftverminderung (Voraussetzungen: gleiche Werkstoffe von Welle und Gehäuse, gleiche Temperatur von Innenringen und gesamter Welle, gleiche Temperatur von Außenringen und gesamtem Gehäuse).

S = Spitzen der Druckkegel
R = Rollkegelspitzen

Bild 9
Angestellte Kegelrollenlager in X-Anordnung



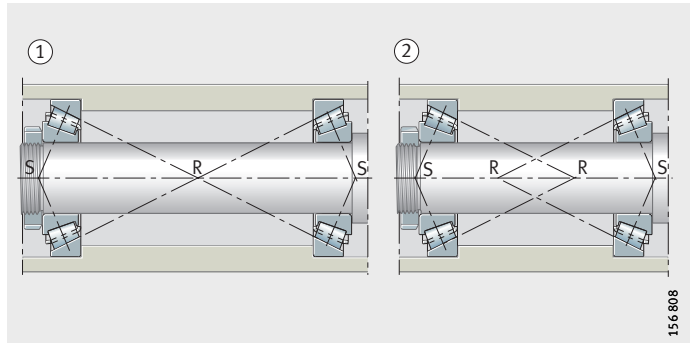
Bei der O-Anordnung unterscheidet man drei Fälle:

- Die Rollkegelspitzen R, das heißt die Schnittpunkte der verlängerten Außenringlaufbahn mit der Lagerachse, fallen zusammen: die eingestellte Lagerluft bleibt erhalten, *Bild 10* ①
- Die Rollkegelspitzen R überschneiden sich bei kurzem Lagerabstand: die Axialluft wird kleiner, *Bild 10* ②
- Die Rollkegelspitzen R berühren sich nicht bei großem Lagerabstand: die Axialluft wird größer, *Bild 11*.

S = Spitzen der Druckkegel
R = Rollkegelspitzen

- ① Schnittpunkte fallen zusammen
② Schnittpunkte überschneiden sich

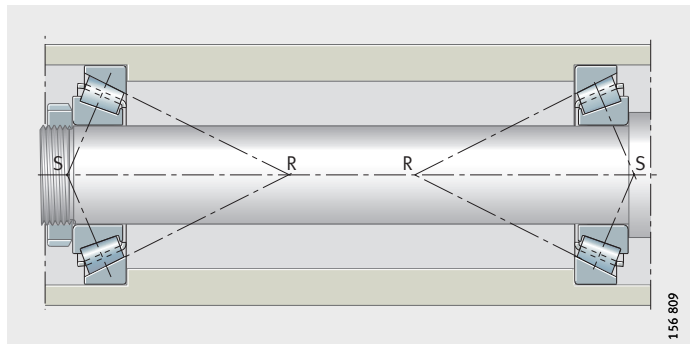
Bild 10
Angestellte Kegelrollenlager in O-Anordnung



S = Spitzen der Druckkegel
R = Rollkegelspitzen

Schnittpunkte überschneiden sich nicht

Bild 11
Angestellte Kegelrollenlager in O-Anordnung

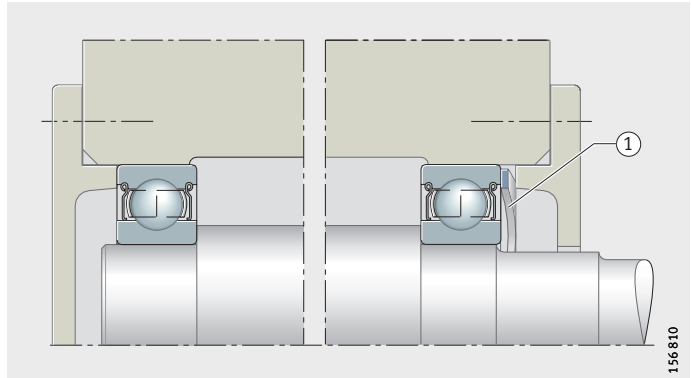


Elastische Anstellung

Angestellte Lagerungen erhält man auch durch Vorspannung mit Federn, *Bild 12* ①. Diese elastische Art der Anstellung gleicht die Wärmedehnungen aus. Man wendet sie auch an, wenn Lagerungen durch Stillstand-Erschütterungen gefährdet sind.

Rillenkugellager
mit Federscheibe vorgespannt
① Federscheibe

Bild 12
Angestellte Lagerung
mit Federscheibe



Lageranordnungen

Schwimmende Lagerung

Die schwimmende Lagerung ist eine wirtschaftliche Lösung, wenn keine enge axiale Führung der Welle verlangt wird, *Bild 13*. Ihr Aufbau gleicht der angestellten Lagerung.

Die Welle kann sich bei schwimmender Lagerung jedoch um das Axialspiel s gegenüber dem Gehäuse verschieben. Der Wert s wird in Abhängigkeit von der geforderten Führungsgenauigkeit so festgelegt, dass die Lager auch bei ungünstigen thermischen Verhältnissen nicht axial verspannt werden.

Geeignete Lager

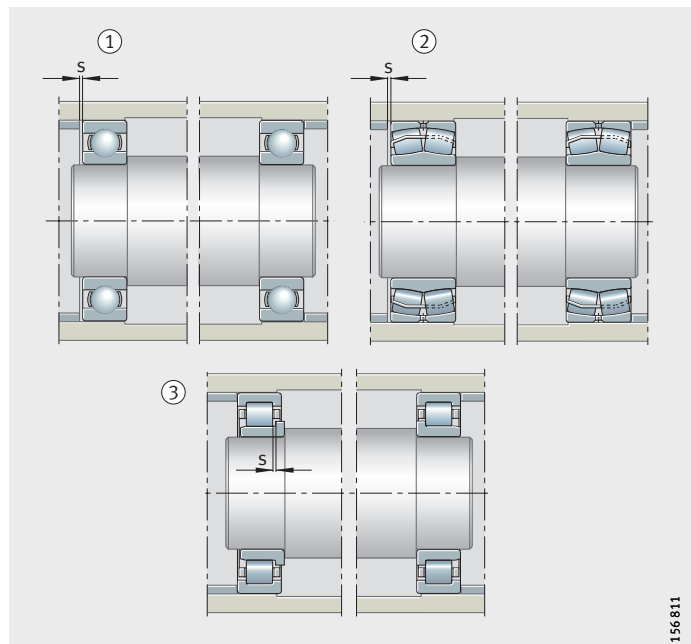
Geeignete Lagerbauarten für die schwimmende Anordnung sind zum Beispiel Rillenkugellager, Pendelkugellager, Pendelrollenlager.

Bei beiden Lagern ist je ein Ring, gewöhnlich ein Außenring, verschiebbar zu passen.

Bei schwimmenden Lagerungen und Zylinderrollenlagern mit Käfig NJ findet der Längenausgleich in den Lagern statt.

Innen- und Außenring können fest gepasst werden, *Bild 13* ③.

Kegelrollenlager und Schrägkugellager eignen sich nicht für eine schwimmende Anordnung, da sie angestellt werden müssen, um einwandfrei zu laufen.



s = Axialspiel

- ① Zwei Rillenkugellager
- ② Zwei Pendelrollenlager
- ③ Zwei Zylinderrollenlager NJ

Bild 13
Schwimmende Lagerungen

156811

Passungen

Kriterien für die Wahl der Passung

Wälzlager werden nach ihrer Funktion auf der Welle und im Gehäuse in radialer, axialer und tangentialer Richtung befestigt. Die radiale und tangential Fixierung wird meist durch Kraftschluss erreicht, also durch eine feste Passung der Lagerringe. Axial befestigt man die Lager in der Regel formschlüssig.

Für die Wahl der Passung ist zu berücksichtigen:

- Die Lagerringe müssen auf ihrem Umfang gut unterstützt werden, damit die Tragfähigkeit des Lagers voll genutzt werden kann
- Die Ringe dürfen auf ihren Gegenstücken nicht wandern, da sonst die Sitze beschädigt werden
- Ein Ring des Loslagers muss sich Längenänderungen von Welle und Gehäuse anpassen, also axial verschiebbar sein
- Die Lager müssen sich einfach ein- und ausbauen lassen.

Die gute Unterstützung der Lagerringe auf ihrem Umfang erfordert eine feste Passung. Auch die Forderung, dass die Ringe nicht wandern, fordert einen festen Sitz. Sind nicht zerlegbare Lager ein- und auszubauen, kann nur ein Lagerring fest gepasst werden.

Bei Zylinderrollenlagern N, NU und Nadellagern können beide Ringe fest gepasst werden, da der Längenausgleich im Lager erfolgt und man die Ringe getrennt montieren kann.



Durch feste Passungen und ein Temperaturgefälle vom Innen- zum Außenring vermindert sich die Radialluft des Lagers! Das ist bei der Wahl der Radialluft zu berücksichtigen!

Wird für die Anschlusskonstruktion ein anderer Werkstoff als Gusseisen oder Stahl verwendet, dann müssen für den Festsitz zusätzlich der Elastizitätsmodul und die unterschiedlichen Wärme-Ausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe berücksichtigt werden!

Für Gehäuse aus Aluminium, dünnwandige Gehäuse und Hohlwellen sind gegebenenfalls engere Passungen zu wählen, um den gleichen Kraftschluss wie bei Gusseisen, Stahl oder Vollwellen zu erreichen!

Höhere Belastungen, besonders Stöße, fordern ein größeres Passungsübermaß und engere Formtoleranzen!

Sitz für Axiallager

Axiallager, die nur Axiallasten aufnehmen, dürfen nicht radial geführt werden (ausgenommen Axial-Zylinderrollenlager mit einem Freiheitsgrad in radialer Richtung durch ebene Laufbahnen).

Bei rillenförmigen Laufbahnen ist dieser Freiheitsgrad nicht gegeben und muss durch den losen Sitz der still stehenden Scheibe geschaffen werden. Für die umlaufende Scheibe wird meist ein fester Sitz gewählt.

Nehmen Axiallager auch Radialkräfte auf, zum Beispiel Axial-Pendrollenlager, so sind Passungen wie für Radiallager zu wählen.

Die Anlageflächen der Gegenstücke müssen senkrecht zur Drehachse stehen (Planlauf toleranz nach IT5 oder besser), damit sich die Belastung gleichmäßig auf alle Wälzkörper verteilt.

Passungen

Umlaufverhältnisse Das Umlaufverhältnis kennzeichnet die Bewegung eines Lagerringes im Verhältnis zur Lastrichtung und liegt als Umfangs- oder Punktlast vor, siehe Tabelle.

Punktlast Steht der Ring relativ zur Belastungsrichtung still, treten keine Kräfte auf, die den Ring relativ zu seiner Sitzfläche verschieben. Eine solche Belastung wird als Punktlast bezeichnet.

Die Gefahr, dass die Sitzfläche beschädigt wird, besteht nicht und eine lose Passung ist möglich.

Umfangslast Treten Kräfte auf, die den Ring relativ zu seiner Sitzfläche verschieben wollen, wird bei einer Umdrehung des Lagers jeder Punkt der Laufbahn belastet. Eine Belastung mit dieser Eigenschaft wird als Umfangslast bezeichnet.



Da hier die Lager-Sitzfläche beschädigt werden kann, sollte eine feste Passung vorgesehen werden!

Umlaufverhältnisse

Bewegungsverhältnis	Beispiel	Schema	Belastungsfall	Passung
Innenring rotiert Außenring steht still Lastrichtung unveränderlich	Welle mit Gewichtsbelastung		Umfangslast für den Innenring	Innenring: Feste Passung notwendig Außenring: Lose Passung zulässig
Innenring steht still Außenring rotiert Lastrichtung rotiert mit dem Außenring	Nabenlagerung mit großer Unwucht		und Punktlast für den Außenring	
Innenring steht still Außenring rotiert Lastrichtung unveränderlich	Kfz-Vorderrad Laufrolle (Nabenlagerung)		Punktlast für den Innenring	Innenring: Lose Passung zulässig Außenring: Feste Passung notwendig
Innenring rotiert Außenring steht still Lastrichtung rotiert mit dem Innenring	Zentrifuge Schwingsieb		und Umfangslast für den Außenring	

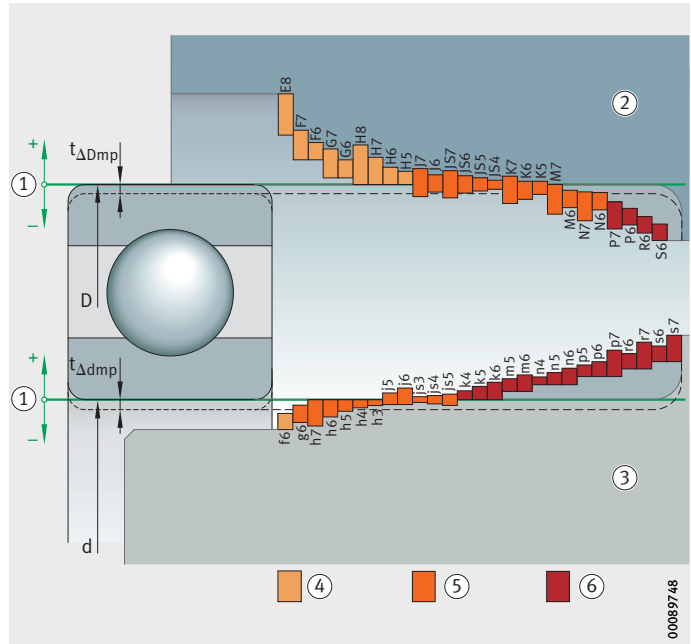
Toleranzfelder

Die ISO-Toleranzen sind in Form von Toleranzfeldern festgelegt. Sie sind bestimmt durch ihre Lage zur Nulllinie (= Toleranzlage) und durch ihre Größe (= Toleranzqualität, siehe ISO 286-1:1988). Die Toleranzlage wird durch Buchstaben bezeichnet (große für Gehäuse, kleine für Wellen). Eine schematische Darstellung der gebräuchlichsten Wälzlagerpassungen zeigt *Bild 1*.

$t_{\Delta Dmp}$ = Toleranz-Lageraußendurchmesser
 $t_{\Delta dmp}$ = Toleranz-Lagerbohrung

- ① Nulllinie
- ② Gehäusebohrung
- ③ Wellendurchmesser
- ④ Lose Passung
- ⑤ Übergangspassung
- ⑥ Feste Passung

Bild 1
 Passungen für Wälzlager



Das Passungsübermaß oder Passungsspiel für Wellen und Gehäuse ist abhängig vom jeweiligen Bohrungsdurchmesser.

Lagerluft und Betriebsspiel

Radiale Lagerluft

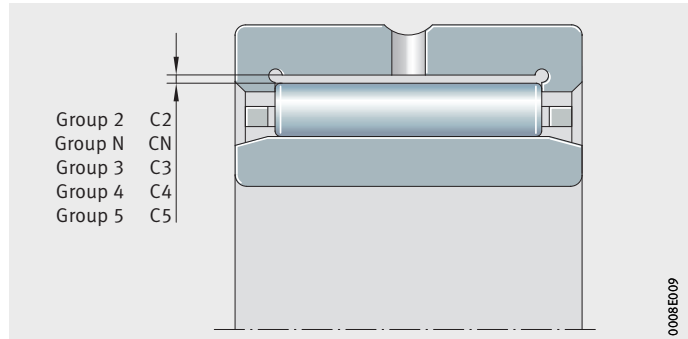
Die radiale Lagerluft gilt für Lager mit Innenring und wird am ausgebauten Lager ermittelt. Sie ist das Maß, um das sich der Innenring gegenüber dem Außenring in radialer Richtung von einer Grenzstellung zur gegenüberliegenden verschieben lässt, *Bild 1*.

Die Gruppen sind in DIN 620-4 beziehungsweise ISO 5753-1 festgelegt und werden in DIN 620-4 durch Zeichen beschrieben, die aus dem Buchstaben C und einer Zahl bestehen.

ISO 5753-1 bezeichnet die Gruppen mit „Group“ und einer Zahl, *Bild 1* und Tabelle.

CN, C2, C3, C4, C5 =
Gruppen der radialen Lagerluft
nach DIN 620-4
Group N, 2, 3, 4, 5 =
Gruppen der radialen Lagerluft
nach ISO 5753-1

Bild 1
Radiale Lagerluft



Gruppen der radialen Lagerluft

Lagerluftgruppe nach		Bedeutung	Einsatzspektrum
DIN 620-4	ISO 5753-1		
CN	Group N	Radiale Lagerluft normal Group N wird in den Lagerbezeichnungen nicht angegeben	Für normale Betriebsverhältnisse bei Wellen- und Gehäusetoleranzen
C2	Group 2	Lagerluft < Group N	Für starke Wechselbelastungen in Verbindung mit Schwenkbewegungen
C3	Group 3	Lagerluft > Group N	Für Presspassungen der Lagerringe und größeres Temperaturgefälle zwischen Innen- und Außenring
C4	Group 4	Lagerluft > Group 3	
C5	Group 5	Lagerluft > Group 4	

Die radiale Lagerluft eines Lagers ist abhängig vom jeweiligen Bohrungsdurchmesser und der Bauform.

Die Lagerluft von Pendelrollenlagern, Zylinderrollenlagern und Toroidalrollenlagern wird meist mittels Fühlerlehren in vertikaler Position bestimmt. Hierfür ist es wichtig, dass die Ringe zueinander zentriert und die Rollen innerhalb des Lagers richtig ausgerichtet sind. Dies kann zum Beispiel durch mehrmaliges Drehen des Lagers erreicht werden.

Bei der Messung der Lagerluft vor der Lagermontage sollte man sich über die vorgegebene Radialluft-Toleranz des jeweiligen Lagers informieren. Zur Bestimmung der tatsächlichen Lagerluft wird nun eine Fühlerlehre zwischen Rolle und Lagerlaufbahn durchgezogen.



Bei mehrreihigen Lagern muss die Radialluft gleichzeitig über alle Rollenreihen gemessen werden!

Hierfür wird zuerst ein Messblättchen verwendet, welches etwas dünner ist als der Mindestwert der anfänglichen Lagerluft. Beim Durchziehen zwischen Laufbahn und Rolle muss das Blättchen vorsichtig hin- und herbewegt werden. Dieser Vorgang ist mit immer dickeren Messblättchen so lange zu wiederholen, bis ein gewisser Widerstand zu spüren ist. Bei besonders großen oder dünnwandigen Lagern kann die elastische Verformung der Ringe die ermittelte Lagerluft beeinflussen!

Die Messung erfolgt immer in der lastfreien Zone. Während der Montage sollte die Radialluft laufend gemessen werden, bis der vorgegebene Wert erreicht ist.

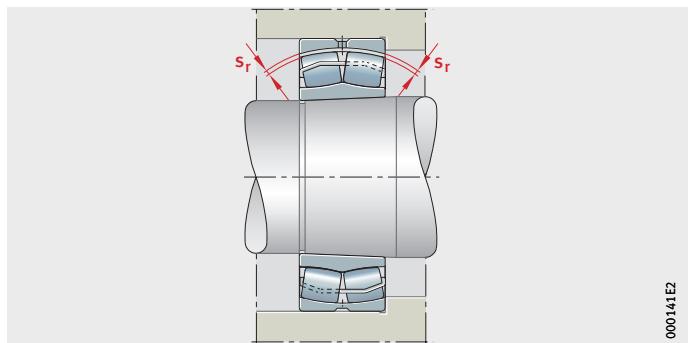


Die Bestimmung der Radialluft sollte bei ungefähr +20 °C erfolgen! Zudem kann bei besonders dünnwandigen Lagerringen die elastische Verformung der Ringe die ermittelte Lagerluft beeinflussen!

Bei Pendelrollenlagern muss die Radialluft gleichzeitig über beide Wälzkörperreihen gemessen werden, *Bild 2*. Nur bei gleichen Luftwerten über beide Rollenreihen ist gewährleistet, dass der Innenring nicht seitlich zum Außenring versetzt ist. Ein Fluchten der Stirnflächen ist wegen der Breitentoleranz der Ringe kein sicherer Maßstab.

s_r = Radialluft

Bild 2
Radialluft
eines Pendelrollenlagers



Lagerluft und Betriebsspiel

Bei Zylinderrollenlagern können Innen- und Außenring einzeln eingebaut werden. Ist der Innenring vom Lager abziehbar, so kann man statt der Radialluftverminderung die Aufweitung des Innenrings mit einem Außenmikrometer messen, *Bild 3*.



Bild 3
Aufweitung
mit Außenmikrometer messen

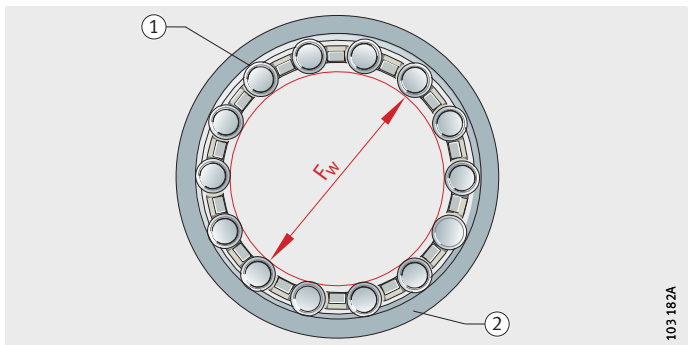
Hüllkreis

Für Lager ohne Innenring gilt der Hüllkreis F_w . Dieser ist der innere Begrenzungskreis der Nadelrollen bei spielfreier Anlage an der Außenlaufbahn, *Bild 4*. Im nicht eingebauten Zustand der Lager liegt er im Toleranzfeld F6 (nicht bei Nadelhülsen, -büchsen).

F_w = Hüllkreisdurchmesser

- ① Nadelrolle
- ② Außenlaufbahn

Bild 4
Hüllkreis

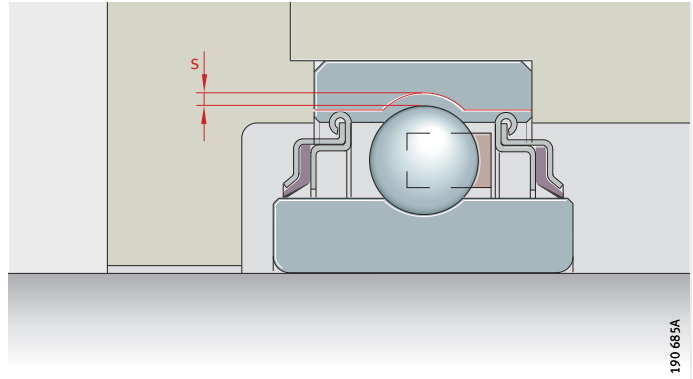


103 182A

Betriebsspiel

Das Betriebsspiel wird am eingebauten und betriebswarmen Lager ermittelt. Es ist das Maß, um das sich die Welle in radialer Richtung von einer Grenzstellung zur gegenüberliegenden verschieben lässt, *Bild 5*.

Das Betriebsspiel ergibt sich aus der radialen Lagerluft und der Veränderung der radialen Lagerluft durch Passungsübermaß und Temperatureinflüsse im eingebauten Zustand.



s = Betriebsspiel

Bild 5
Betriebsspiel

Größe des Betriebsspiels

Die Größe des Betriebsspiels hängt von den Betriebs- und Einbaubedingungen des Lagers ab. Ein größeres Betriebsspiel ist beispielsweise notwendig bei Wärmezufuhr über die Welle, bei Wellendurchbiegung und Fluchtungsfehlern.

Ein kleineres Betriebsspiel als Group N ist nur in Sonderfällen anzuwenden, zum Beispiel bei Genauigkeitslagerungen.

Das normale Betriebsspiel wird mit der Lagerluft Group N, bei größeren Lagern überwiegend mit Group 3 erreicht, wenn die empfohlenen Wellen- und Gehäusetoleranzen eingehalten werden.

Betriebsspiel berechnen

Das Betriebsspiel ergibt sich aus:

$$s = s_r - \Delta s_p - \Delta s_T$$

s μm
Radiales Betriebsspiel des eingebauten, betriebswarmen Lagers

s_r μm
Radiale Lagerluft

Δs_p μm
Passungsbedingte Minderung der radialen Lagerluft

Δs_T μm
Temperaturbedingte Minderung der radialen Lagerluft.

Lagerluft und Betriebsspiel

Passungsbedingte Minderung der radialen Lagerluft

Die radiale Lagerluft verringert sich passungsbedingt durch die Aufweitung des Innenrings und die Einschnürung des Außenrings:

$$\Delta s_p = \Delta d + \Delta D$$

Δd μm
Aufweitung des Innenrings
 ΔD μm
Einschnürung des Außenrings.

Aufweitung des Innenrings

Die Aufweitung des Innenrings errechnet sich aus:

$$\Delta d \approx 0,9 \cdot U \cdot d / F \approx 0,8 \cdot U$$

U μm
Theoretisches Übermaß der Passteile bei Festsitz. Das theoretische Übermaß der Passteile bei Festsitz wird bestimmt aus den mittleren Abmaßen sowie den oberen oder unteren Abmaßen der von der Gutseite her um $1/3$ eingeeengten Toleranzfelder der Passteile. Hiervon den Betrag abziehen, um den sich die Teile beim Zusammenfügen glätten
 d mm
Bohrungsdurchmesser des Innenrings
 F mm
Laufbahndurchmesser des Innenrings.



Bei sehr dünnwandigen Gehäusen und Gehäusen aus Leichtmetall muss die Verminderung der radialen Lagerluft durch Einpressversuche bestimmt werden!

Einschnürung des Außenrings

Die Einschnürung des Außenrings errechnet sich aus:

$$\Delta D \approx 0,8 \cdot U \cdot E / D \approx 0,7 \cdot U$$

E mm
Laufbahndurchmesser des Außenrings
 D mm
Außendurchmesser des Außenrings.

Temperaturbedingte Minderung der radialen Lagerluft

Die radiale Lagerluft ändert sich merklich durch ein größeres Temperaturgefälle zwischen dem Innen- und Außenring:

$$\Delta s_T = \alpha \cdot d_M \cdot 1000 \cdot (\vartheta_{IR} - \vartheta_{AR})$$

Δs_T μm
Temperaturbedingte Minderung der radialen Lagerluft
 α K^{-1}
Ausdehnungskoeffizient von Stahl: $\alpha = 0,000011 \text{ K}^{-1}$
 d_M mm
Mittlerer Lagerdurchmesser $(d + D)/2$
 ϑ_{IR} $^{\circ}\text{C}, \text{K}$
Temperatur des Innenrings
 ϑ_{AR} $^{\circ}\text{C}, \text{K}$
Temperatur des Außenrings
(übliche Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenring: 5 K bis 10 K).



Bei schnell anlaufenden Wellen ist eine größere radiale Lagerluft vorzusehen, weil hier kein ausreichender Temperaturengleich zwischen Lager, Welle und Gehäuse stattfindet!

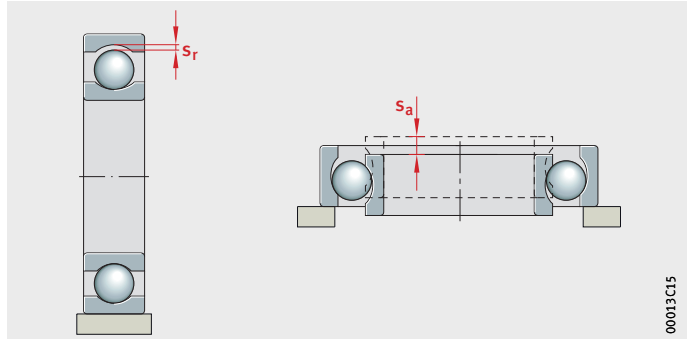
Δs_T kann in diesem Fall deutlich größer sein als bei Dauerbetrieb!

Axiale Lagerluft

Die axiale Lagerluft s_a ist das Maß, um das sich ein Lagerring gegenüber dem anderen ohne Belastung längs der Lagerachse verschieben lässt, *Bild 6*.

s_a = Axiale Lagerluft
 s_r = Radiale Lagerluft

Bild 6
 Axiale Lagerluft im Vergleich zur radialen Lagerluft



Bei verschiedenen Lagerbauarten hängen die radiale Lagerluft s_r und die axiale Lagerluft s_a voneinander ab. Anhaltswerte für den Zusammenhang zwischen der Radial- und Axialluft zeigt für einige Lagerbauarten die Tabelle.

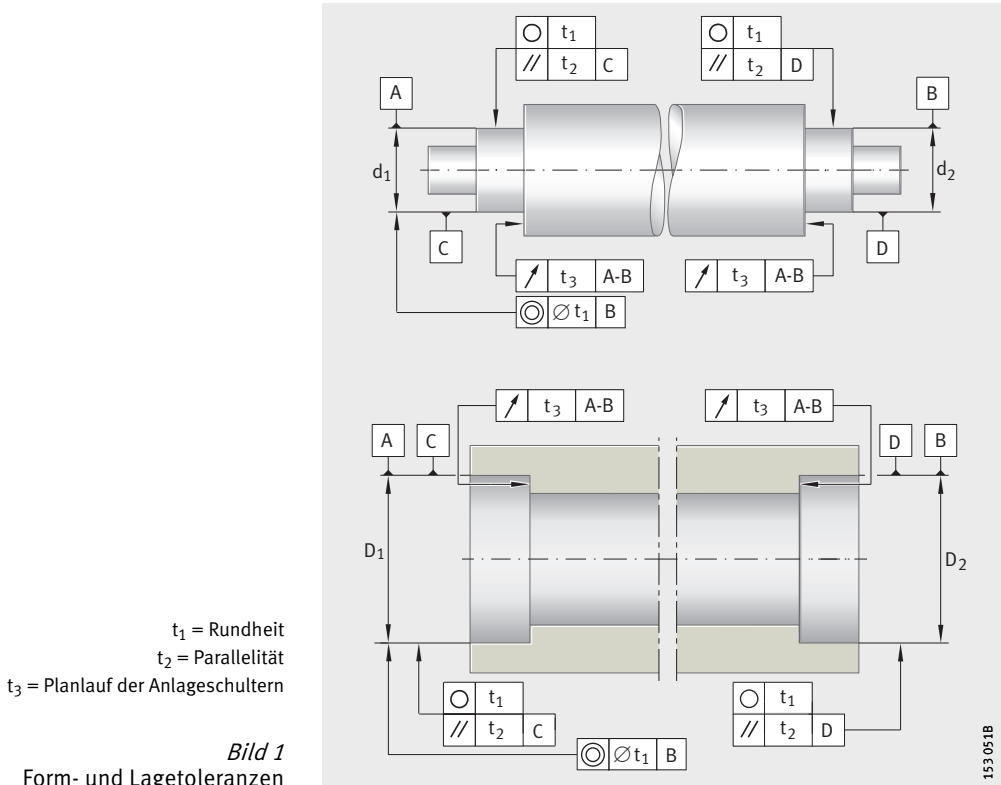
Zusammenhang zwischen Axial- und Radialluft

Lagerbauart		Verhältnis axialer zu radialer Lagerluft s_a/s_r	
Pendelkugellager		$2,3 \cdot Y_0$	
Pendelrollenlager		$2,3 \cdot Y_0$	
Kegelrollenlager	einreihig, paarweise angeordnet	$4,6 \cdot Y_0$	
	paarweise zusammengepasst (N11CA)	$2,3 \cdot Y_0$	
Schrägkugellager	zweireihig	Reihe 32 und 33	1,4
		Reihe 32..-B und 33..-B	2
	einreihig	Reihe 72..-B und 73..-B, paarweise angeordnet	1,2
Vierpunktlager		1,4	

Form- und Lagetoleranzen

Form- und Lagetoleranzen der Lagersitzflächen

Für die gewünschte Passung müssen die Lagersitze und Passflächen der Wellen- und Gehäusebohrung bestimmte Toleranzen einhalten, Bild 1 und Tabelle, Seite 23.



Genauigkeit der Lagersitzflächen

Den Genauigkeitsgrad für die Toleranzen der Lagersitze auf der Welle und im Gehäuse zeigt die Tabelle, Seite 23.

Zweiter Lagersitz

Die Lagetoleranzen für einen zweiten Lagersitz auf der Welle (d_2) beziehungsweise im Gehäuse (D_2) (ausgedrückt durch die Koaxialität nach DIN ISO 1101) müssen sich an der Winkeleinstellbarkeit des Lagers orientieren. Dabei sind Fluchtungsfehler durch elastische Verformungen der Welle und des Gehäuses zu berücksichtigen.

Gehäuse

Bei geteilten Gehäusen müssen die Trennfugen gratfrei sein. Die Genauigkeit der Lagersitze wird durch die Genauigkeit des gewählten Lagers bestimmt.

Richtwerte für die Form- und Lagetoleranzen der Lagersitzstellen

Toleranzklasse der Lager		Lagersitzfläche	Grundtoleranzgrade			
nach ISO 492	nach DIN 620		Durchmesser-toleranz	Rundheits-toleranz t_1	Parallelitäts-toleranz t_2	Gesamtplanlauf-toleranz der Anlagenschulter t_3
Normal 6X	PN (P0) P6X	Welle	IT6 (IT5)	Umfangslast IT4/2	IT4/2	IT4
				Punktlast IT5/2	IT5/2	
		Gehäuse	IT7 (IT6)	Umfangslast IT5/2	IT5/2	IT5
				Punktlast IT6/2	IT6/2	
5	P5	Welle	IT5	Umfangslast IT2/2	IT2/2	IT2
				Punktlast IT3/2	IT3/2	
		Gehäuse	IT6	Umfangslast IT3/2	IT3/2	IT3
				Punktlast IT4/2	IT4/2	
4	P4 P4S ¹⁾ SP ¹⁾	Welle	IT4	Umfangslast IT1/2	IT1/2	IT1
				Punktlast IT2/2	IT2/2	
		Gehäuse	IT5	Umfangslast IT2/2	IT2/2	IT2
				Punktlast IT3/2	IT3/2	
	UP ¹⁾	Welle	IT3	Umfangslast IT0/2	IT0/2	IT0
				Punktlast IT1/2	IT1/2	
		Gehäuse	IT4	Umfangslast IT1/2	IT1/2	IT1
				Punktlast IT2/2	IT2/2	

ISO-Grundtoleranzen (IT-Qualitäten) nach ISO 286-1:1988.

¹⁾ Nicht in DIN 620.

Form- und Lagetoleranzen

Rauheit der Lagersitze

Die Rauheit der Lagersitze ist auf die Toleranzklasse der Lager abzustimmen. Der Mittenrauwert Ra darf nicht zu groß werden, damit der Übermaßverlust in Grenzen bleibt. Die Wellen sind zu schleifen, Bohrungen feinzudrehen. Richtwerte dazu zeigt die Tabelle.

Bohrungs- und Wellentoleranzen sowie zulässige Rauheitswerte sind auch in Konstruktions- und Sicherheitshinweisen der Produktkapitel angegeben. Die Richtwerte für die Rauheit entsprechen DIN 5425-1.

Richtwerte für die Oberflächengüte der Lagersitze

Durchmesser des Lagersitzes d (D) mm		Empfohlener Mittenrauwert Ra und Rauheitsklassen für geschliffene Lagersitze Durchmessertoleranz entsprechend ¹⁾ µm			
über	bis	IT7	IT6	IT5	IT4
–	80	1,6	0,8	0,4	0,2
80	500	1,6	1,6	0,8	0,4
500	1 250	3,2 ²⁾	1,6	1,6	0,8

¹⁾ Werte für IT-Qualitäten nach DIN ISO 286-1:2010-11.

²⁾ Beim Lagereinbau mit Hydraulikverfahren Ra = 1,6 µm nicht überschreiten.

Sicherheitshinweise

Hinweise zur Montage von Wälzlagern

Bei der Montage und Demontage von Wälzlagern müssen wichtige Sicherheitshinweise beachtet werden, damit diese sicher und fachgerecht erfolgen können. Diese Montageanleitung soll dem Monteur helfen, Wälzlager sicher und fachgerecht zu montieren.

Das Ziel dieser Sicherheitshinweise ist:

- Personen- und Sachschäden, die durch Fehler bei der Montage entstehen können, zu vermeiden
- Durch fachgerechte Montage eine lange Gebrauchsdauer des eingebauten Lagers zu ermöglichen.

Weitere Informationen

Bei Fragen zur Montage stehen die Experten des Industrieservices von Schaeffler zur Verfügung:

- mounting-services@schaeffler.com

Allgemeine Sicherheitsbestimmungen

Bei der Montage und Demontage von Wälzlagern kommen meist hohe Kräfte, Drücke und Temperaturen zum Einsatz. Aufgrund dieser Risikofaktoren sollten Wälzlager ausschließlich von qualifiziertem Personal montiert und demontiert werden.

Qualifikation des Personals

Qualifiziertes Personal bedeutet:

- Ist zum Einbau der Wälzlager und angrenzenden Komponenten autorisiert
- Hat alle erforderlichen Kenntnisse zur Montage und Demontage der Bauteile
- Ist mit den Sicherheitsbestimmungen vertraut.

Persönliche Schutzausrüstung

Die persönliche Schutzausrüstung soll das Personal vor Gesundheitsschäden schützen. Sie besteht aus Sicherheitsschuhen, Sicherheitshandschuhen und gegebenenfalls einem Schutzhelm und ist im Interesse der eigenen Sicherheit zu verwenden.

Abhängig vom Montageort und der Maschine oder Anlage, in der die Wälzlager verbaut werden, kann eine Ergänzung der persönlichen Schutzausrüstung erforderlich sein. Dabei sind die dort geltenden Bestimmungen des Arbeitsschutzes zu beachten.

Sicherheitsvorschriften

Zur Vermeidung von Personen- und Sachschäden bei der Montage sind die folgenden Sicherheitsvorschriften zu beachten.

Grundlegende Vorschriften

Der Arbeitsbereich ist von Stolperfallen frei zu halten.

Schwere Bauteile wie Gehäuseober- und -unterteil, Dichtungen, Deckel und Wälzlager sind vor Umkippen oder Herabfallen zu sichern.

Beim Absetzen und beim Zusammenfügen schwerer Bauteile ist besonders auf die Gliedmaßen zu achten, um Quetschungen zu vermeiden.

Sämtliche Montage- und Wartungsarbeiten dürfen nur bei still stehender Maschine oder Anlage durchgeführt werden.

Sicherheitshinweise

Schmierstoffe Die zur Befettung verwendeten Schmierstoffe können gesundheitsgefährdende Bestandteile aufweisen. Zu jedem Schmierstoff gibt es ein Sicherheitsdatenblatt, das über die Gefahren aufklärt.
Vermeiden Sie direkten Körperkontakt zum Schmierstoff und benutzen Sie Schutzhandschuhe!

Umgebungsbedingte Gefahren Abhängig von den Umgebungsbedingungen können am Montageort Sicherheitsrisiken bestehen, die nicht unmittelbar vom Wälzlager ausgehen, aber während der Montage des Wälzlagers zu beachten sind. Beispiele sind gesundheitsgefährdende Stäube oder das Arbeiten in großer Höhe. Auch die Maschine oder Anlage, in der das Wälzlager montiert wird, kann eine Quelle von Gefahren sein, zum Beispiel durch bewegliche Maschinen- oder Anlagenteile.
Vor Beginn der Montage ist eine örtliche Sicherheitsfachkraft hinzuzuziehen. Alle Sicherheitsvorschriften, die in Zusammenhang mit dem Montageort und der bei der Montage betroffenen Maschine oder Anlage gelten, sind einzuhalten.

Entsorgung Mit Schmierfett oder Lösungsmitteln getränkte Lappen, überschüssiges Schmierfett, Verpackungsmaterial sowie alle anderen bei der Montage und Demontage angefallenen Abfälle müssen umweltgerecht entsorgt werden. Dabei sind die jeweiligen gesetzlichen Vorschriften einzuhalten.

Transportvorschriften Zur Vermeidung von Personen- und Sachschäden beim Transport sind die folgenden Transportvorschriften zu beachten.
Wälzlager sind vor dem Transport gegen Ausschwenken oder Auseinanderfallen zu sichern, *Bild 1!*

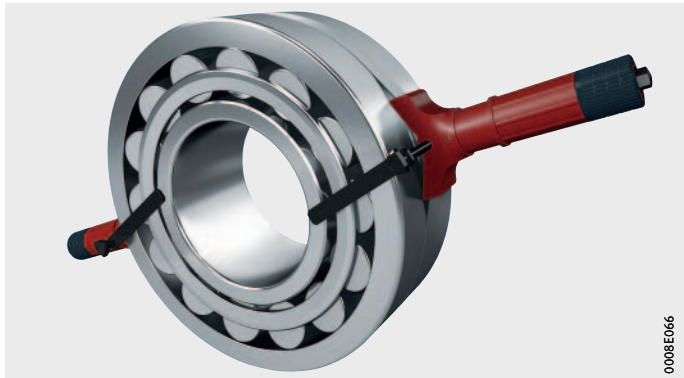


Bild 1
Sicheres Hebewerkzeug
mit Ausschwenkschutz

Zum Heben schwerer Bauteile sind geeignete technische Hilfsmittel zu verwenden. Das Montagepersonal muss mit der fachgerechten Verwendung der Hilfsmittel vertraut sein und alle Sicherheitsvorschriften für den Umgang mit schwebenden Lasten beachten.

Zu beachten sind:

- Nicht unter oder im Schwenkbereich von schwebenden Lasten aufhalten
- Nur zugelassene und ausreichend tragfähige Hebezeuge und Anschlagmittel verwenden
- Anschlagmittel unter Last nicht ungeschützt über scharfe Kanten ziehen, nicht kneten und nicht verdrehen
- Schwebende Lasten nie unbeaufsichtigt lassen.

Vorbereitungen zum Ein- und Ausbau

Arbeitsbedingungen

Vor dem Ein- und Ausbau der Wälzlager muss alles für einen reibungslosen Arbeitsablauf vorbereitet werden.

Anhand der Werkstattzeichnung macht man sich mit dem Aufbau der Konstruktion und mit der Reihenfolge vertraut, in der die einzelnen Teile zusammengefügt werden. Bereits vor Beginn der Montage sollte man ein Schema der einzelnen Arbeitsgänge aufstellen und sich Klarheit über die erforderlichen Anwärmtemperaturen, die Kräfte zum Auf- und Abziehen der Lager und die erforderliche Fettmenge verschaffen.

Bei größeren Arbeiten sollte eine Montageanleitung vorhanden sein, in der alle Arbeiten genau beschrieben sind. Die Anleitung enthält auch Einzelheiten zu Transportmitteln, Montagevorrichtungen, Messwerkzeugen, Art und Menge des Schmierstoffs und eine genaue Beschreibung des Montagevorgangs.

Richtlinien für den Einbau

Die folgenden Richtlinien sind unbedingt zu berücksichtigen:

- Montageplatz weitgehend staubfrei und sauber halten
- Lager vor Staub, Schmutz und Feuchtigkeit schützen. Verunreinigungen beeinflussen den Lauf und die Gebrauchsdauer der Wälzlager nachteilig
- Sich vor Beginn der Montage anhand der Zusammenstellungszeichnung mit der Konstruktion vertraut machen
- Vor dem Einbau prüfen, dass das zur Montage bereitgestellte Lager mit den Angaben auf der Zeichnung übereinstimmt
- Gehäusebohrung und Wellensitz auf Maß-, Form-, Lagegenauigkeit und Sauberkeit prüfen
- Prüfen, dass keine Kanten die Montage der Lagerringe auf die Welle oder in die Gehäusebohrung stören. Eine Schlupffase von 10° bis 15° ist hierfür vorteilhaft
- Korrosionsschutz an den Sitz- und Anlageflächen abwischen, aus kegeligen Lagerbohrungen auswaschen
- Zylindrische Sitzflächen der Lagerringe sollten hauchdünn mit Arcanol-Montagepaste eingeschmiert werden
- Lager nicht unterkühlen. Schwitzwasserbildung kann zu Korrosion in den Lagern und Lagersitzen führen
- Nach dem Einbau die Wälzlager mit Schmierstoff versorgen
- Funktionsprüfung der Lagerung durchführen!

Vorbereitungen zum Ein- und Ausbau

Behandlung der Wälzlager vor dem Einbau

Korrosionsschutzmittel ölig konservierter Lager sind mit Ölen und Fetten auf Mineralölbasis verträglich und mischbar. Die Verträglichkeit ist zu prüfen, wenn synthetische Schmierstoffe oder andere Verdicker als Lithium- oder Lithiumkomplexeifen eingesetzt werden. Bei Unverträglichkeit Korrosionsschutzöl vor der Befettung auswaschen, besonders bei Schmierstoffen auf Basis PTFE/Alkoxifluorether und Polyharnstoffen als Verdicker. Im Zweifel beim Hersteller des Schmierstoffs rückfragen.

An den Sitz- und Anlageflächen wird das Korrosionsschutzöl unmittelbar vor der Montage abgewischt.

Aus kegeligen Lagerbohrungen dagegen sollte der Korrosionsschutz vor dem Einbau ausgewaschen werden, um einen sicheren, festen Sitz auf der Welle oder Hülse zu gewährleisten.

Gebrauchte und verschmutzte Lager sind vor dem Einbau sorgfältig in Waschpetroleum auszuwaschen und anschließend sofort wieder einzuölen oder einzufetten.

Wälzlager dürfen nachträglich nicht bearbeitet werden.

Zum Beispiel dürfen keine Schmierbohrungen, Nuten, Anschliffe oder dergleichen angebracht werden, da hierbei Spannungen in den Ringen frei werden, die zur vorzeitigen Zerstörung des Lagers führen. Außerdem besteht Gefahr, dass Späne oder Schleifstaub in das Lager gelangen.

Sauberkeit bei der Montage

Wälzlager sind unter allen Umständen vor Schmutz und Feuchtigkeit zu schützen, da sogar kleinste Teilchen, die in das Lager eindringen, die Laufflächen beschädigen. Aus diesem Grund muss der Montageplatz staubfrei und trocken sein. Er darf zum Beispiel nicht in der Nähe von Schleifmaschinen liegen. Der Gebrauch von Pressluft ist zu vermeiden. Auch auf die Sauberkeit der Welle und des Gehäuses sowie aller anderen Teile ist zu achten. Gussstücke müssen frei von Formsand sein. Die inneren Gehäuseflächen sollten nach dem Reinigen mit einem Schutzanstrich versehen werden, der verhindert, dass sich kleinste Teilchen während des Betriebes ablösen.

An den Sitzstellen des Lagers auf der Welle und im Gehäuse sind Rostschutzüberzüge und Farbrückstände sorgfältig zu entfernen. Bei Drehteilen ist darauf zu achten, dass Grate entfernt und alle scharfen Kanten gebrochen werden.

Anschlusssteile

Alle zur Lagerung gehörenden Teile sind vor dem Zusammenbau auf ihre Maß- und Formgenauigkeit zu kontrollieren.

Zum Beispiel beeinträchtigen nicht eingehaltene Lagersitztoleranzen, unrunde Gehäuse und Wellen sowie schiefe Anlageflächen den einwandfreien Lauf eines Wälzlagers und können zum vorzeitigen Ausfall führen.

Maß- und Formprüfung

Vermessen des Lagersitzes

Ein wesentlicher Arbeitsschritt für eine erfolgreiche Lagermontage ist die vorherige Vermessung der verwendeten Bauteile. Hierbei kommen verschiedene Messgeräte zum Einsatz. Bei allen Messungen ist zu beachten, dass das Messgerät annähernd die gleiche Temperatur hat wie die zu messenden Teile.

Zylindrische Sitzflächen

Die Maßgenauigkeit von zylindrischen Lagersitzen und deren Rundheit sollte mit Hilfe von Mikrometern an verschiedenen Messpunkten überprüft werden, *Bild 1* und *Bild 4*, Seite 30.

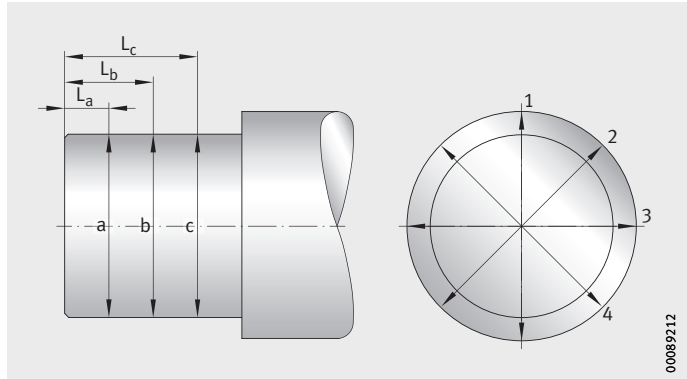
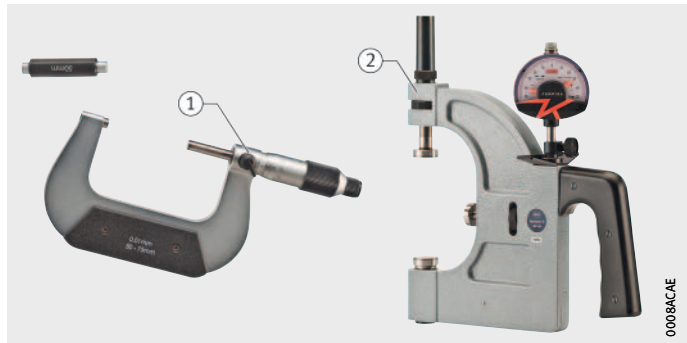


Bild 1
Überprüfen der Zylinderform
einer Welle

Eine sichere Positionierung und eine einwandfreie Messung zylindrischer Sitzflächen gewährleistet das Bügelmessgerät, *Bild 2*. Auf der Maßscheibe ist der Durchmesser gekennzeichnet, an dem das Gerät eingestellt werden muss.



- ① Außenmikrometer
- ② Bügelmessgerät

Bild 2
Messmittel zum Messen
von Wellendurchmessern

Maß- und Formprüfung

Zum Messen von Bohrungen benutzt man entweder handelsübliche Innenmikrometer oder sogenannte Vergleichsmessgeräte, *Bild 3*. Der dargestellte Maßring wird zur Kalibrierung des Messwerkzeuges verwendet.

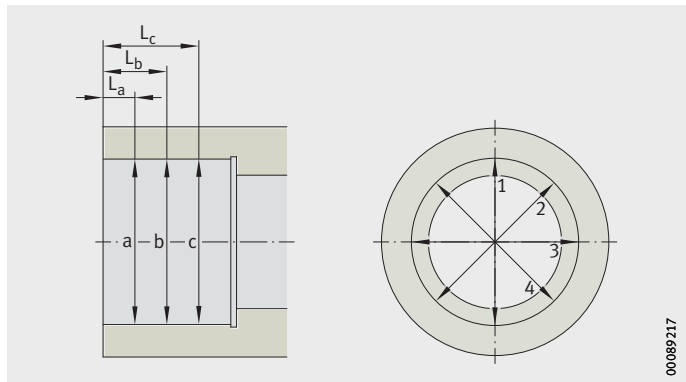
- ① Innenmikrometer
- ② Vergleichsmessgerät mit Maßring

Bild 3
Messmittel zum Messen von Bohrungen



00084D4A

Bild 4
Überprüfen der Zylinderform von einem Gehäuse



00089217

Kegelige Sitzflächen

Damit der Innenring fest auf der Welle sitzt, muss der Kegel der Welle genau mit dem Kegel der Innenringbohrung übereinstimmen.

Der Kegel der Wälzlagerreihen ist genormt. Er beträgt bei den meisten Lagerreihen 1:12. Abhängig von den Anforderungen und der Lagerbreite sind auch Lager mit einem Kegel 1:30 möglich.

Das einfachste Messmittel für kleine, kegelige Lagersitzstellen ist der Kegellehrring, *Bild 5*. Durch Touchieren stellt man fest, ob Welle und Lehrring übereinstimmen, und korrigiert so lange, bis der Lehrring auf seiner ganzen Breite trägt.

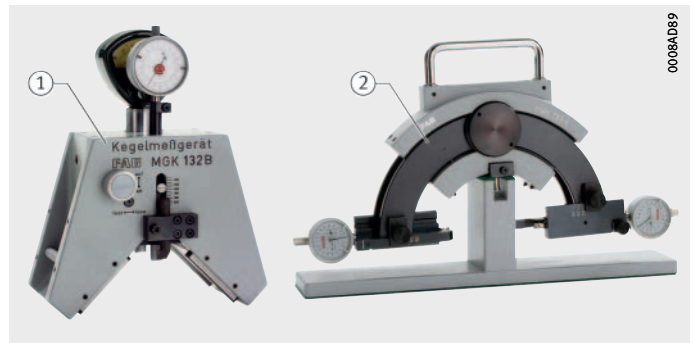


Die Innenringe von Lagern sollten nicht als Lehrringe benutzt werden!



Bild 5
Touchieren mit einem Kegellehrring

Für die genaue Überprüfung von kegeligen Wellensitzflächen hat Schaeffler die Kegelmessgeräte FAG MGK 133 und FAG MGK 132 entwickelt, *Bild 6*. Anhand eines Vergleichskegels oder -segments werden Kegel und Durchmesser der Lagersitzstelle exakt gemessen. Beide Geräte sind leicht zu handhaben, denn das Werkstück braucht für die Messung nicht aus der Bearbeitungsmaschine genommen zu werden.



- ① Kegelmessgerät FAG MGK 132
- ② Kegelmessgerät FAG MGK 133

Bild 6
Kegelmessgeräte FAG MGK 132
und FAG MGK 133

Mit dem Kegelmessgerät FAG MGK 133 misst man Kegel, die kürzer als 80 mm sind. Je nach Gerätegröße kann der Außendurchmesser des Kegels 27 mm bis 205 mm betragen.

Das Kegelmessgerät FAG MGK 132 eignet sich für Kegellängen ab 80 mm und Kegeldurchmesser von 90 mm bis 820 mm.

Maß- und Formprüfung

Hüllkreis

Die Radialluft eines eingebauten Zylinderrollenlagers ergibt sich aus dem Unterschied zwischen dem Rollenhüllkreisdurchmesser und dem Laufbahndurchmesser des bordlosen Rings.

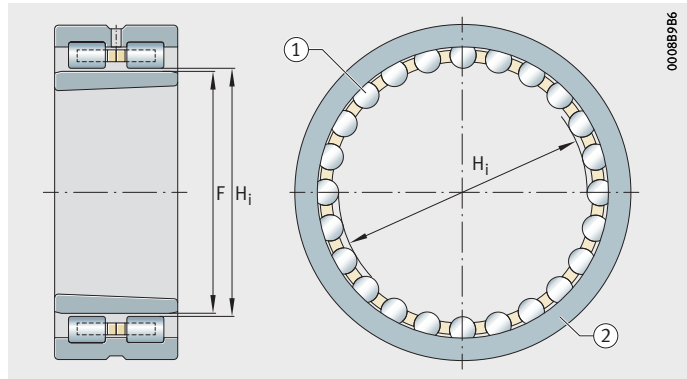
Hüllkreismessgerät FAG MGI 21

Bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Innenring NNU49SK ergibt sich die Radialluft oder die Vorspannung aus der Differenz der Durchmesser des Innenhüllkreises H_i und der Laufbahn F . Unter dem Innenhüllkreis versteht man den Kreis, der alle Rollen von innen berührt, wenn sie an der Außenringlaufbahn anliegen, *Bild 7*.

H_i = Innenhüllkreis
 F = Laufbahndurchmesser

- ① Wälzkörper
- ② Außenring

Bild 7
Innenhüllkreis bei
Zylinderrollenlagern NNU49SK
(abziehbarer Innenring)



Der Innenhüllkreis wird mit dem MGI 21 gemessen; in Verbindung mit einem Bügelmessgerät lässt sich die Radialluft des eingebauten Lagers bestimmen, *Bild 8*. Das Maß des Hüllkreisdurchmessers wird auf das Bügelmessgerät übertragen. Das Hüllkreismessgerät FAG MGI 21 verwendet man bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Innenring, zum Beispiel FAG NNU49SK.



Bild 8

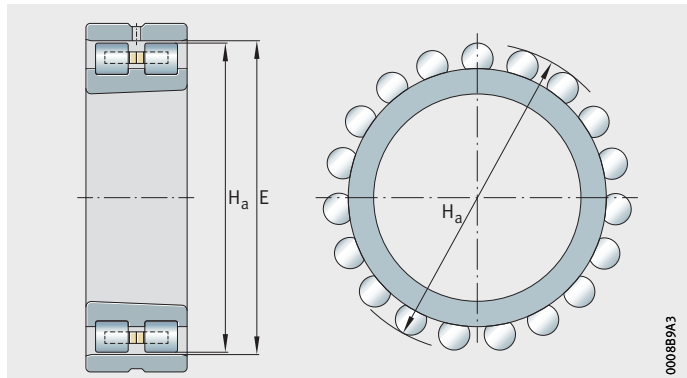
Hüllkreismessgerät FAG MGI 21

Hüllkreismessgerät FAG MGA 31

Bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Außenring NN30ASK ergibt sich die Radialluft oder die Vorspannung aus der Differenz der Durchmesser der Laufbahn E und des Außenhüllkreises H_a . Unter dem Außenhüllkreis versteht man den Kreis, der alle Rollen von außen berührt, wenn sie an der Innenringlaufbahn anliegen, *Bild 9*, Seite 33.

E = Laufbahn
 H_a = Außenhüllkreis

Bild 9
Außenhüllkreis bei
Zylinderrollenlagern NN30ASK
(abziehbarer Außenring)



Der Außenhüllkreis wird mit dem MGA 31 gemessen; in Verbindung mit einem Bohrungsmessgerät lässt sich die Radialluft des eingebauten Lagers bestimmen, *Bild 10*.

Das Maß des Laufbahndurchmessers wird mit dem Bohrungsmessgerät auf das Hüllkreismessgerät übertragen. Das Hüllkreismessgerät FAG MGA 31 verwendet man bei Zylinderrollenlagern mit abziehbarem Außenring, zum Beispiel FAG NN30ASK.

Bild 10
Hüllkreismessgerät FAG MGA 31



Die beiden gegenüberliegenden Stahlsegmente des Hüllkreismessgeräts sind die Messflächen. Das eine Segment ist fest mit dem Gerät verbunden, das andere radial beweglich; diese Bewegung wird auf den Feinzeiger übertragen.

Beim Messen muss der Lageraußenring im Gehäuse montiert sein. Hat man den Durchmesser der Außenringlaufbahn mit dem Bohrungsmessgerät ermittelt, wird das Maß auf das Hüllkreismessgerät übertragen.

Der Innenring, mit dem der Rollenkranz durch den Käfig zusammengehalten ist, wird zunächst formschlüssig auf den kegeligen Wellensitz geschoben. Dann setzt man das Hüllkreismessgerät auf den Rollenkranz und presst den Innenring so weit auf, bis der Feinzeiger das gewünschte Maß zeigt.

Pluswerte bedeuten Vorspannung, Minuswerte Radialluft; der Wert Null ergibt ein spielfreies Lager.

Schmierung

Grundlagen

Schmierung und Wartung sind wichtig für die zuverlässige Funktion und lange Gebrauchsdauer der Wälzlager.

Aufgaben des Schmierstoffes

Der Schmierstoff soll, *Bild 1*:

- An den Kontaktflächen einen ausreichend tragfähigen Schmierfilm ausbilden und dort damit Verschleiß und vorzeitige Ermüdung vermeiden ①
- Bei Ölschmierung die Wärme ableiten ②
- Bei Fettschmierung das Lager zusätzlich nach außen gegen feste und flüssige Verunreinigungen abdichten ③
- Das Laufgeräusch dämpfen ④
- Vor Korrosion schützen ⑤.

- ① Tragfähigen Schmierfilm ausbilden
- ② Bei Ölschmierung Wärme ableiten
- ③ Bei Fettschmierung das Lager nach außen gegen Verunreinigungen abdichten
- ④ Laufgeräusch dämpfen
- ⑤ Vor Korrosion schützen

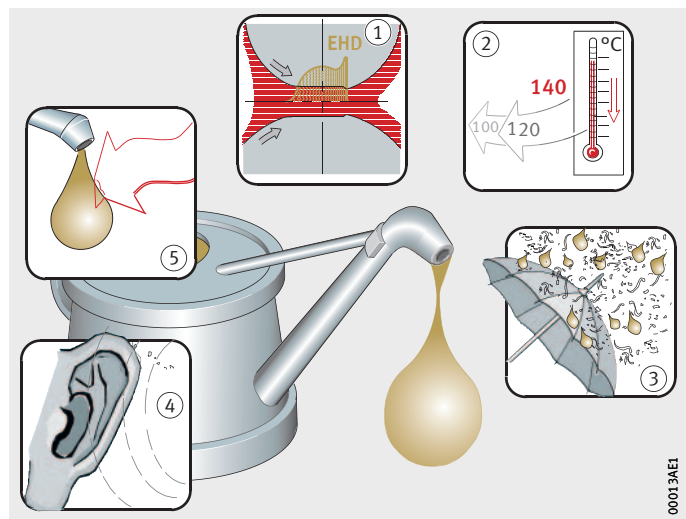


Bild 1

Aufgaben des Schmierstoffes

Wahl der Schmierungsart

Bei der Konstruktion ist möglichst früh festzulegen, ob die Lager mit Fett oder Öl geschmiert werden.

Für die Art der Schmierung und die Schmierstoffmenge sind entscheidend:

- Die Betriebsbedingungen
- Die Bauform und Größe des Lagers
- Die Anschlusskonstruktion
- Die Schmierstoffführung.

Kriterien für Fettschmierung

Bei Fettschmierung sind folgende Kriterien zu betrachten:

- Sehr geringer konstruktiver Aufwand
- Die Dichtwirkung
- Die Depotwirkung
- Hohe Gebrauchsdauer bei geringem Wartungsaufwand (unter Umständen Lebensdauer-Schmierung möglich)
- Bei Nachschmierung gegebenenfalls Auffangraum für Altfett und Zuführungskanäle berücksichtigen
- Keine Wärmeabfuhr durch den Schmierstoff
- Kein Ausspülen von Verschleiß- und sonstigen Partikeln.

Kriterien für Ölschmierung

Bei Ölschmierung sind zu betrachten:

- Gute Schmierstoffverteilung und -versorgung des Kontaktes
- Wärmeabfuhr aus dem Lager möglich (wichtig vor allem bei hohen Drehzahlen und Belastungen)
- Ausspülen von Verschleißpartikeln
- Bei Minimalmengenschmierung sehr geringe Reibungsverluste
- Aufwändigere Zuführung und Abdichtung erforderlich.

Bei extremen Betriebsbedingungen (zum Beispiel sehr hohe Temperaturen, Vakuum, aggressive Medien) sind auch Sonder-schmierverfahren wie Feststoffschmierung möglich.

Gestaltung der Schmierstoffleitungen

Die Zuführleitungen und Schmierbohrungen in den Gehäusen und Wellen, *Bild 2* und *Bild 3*, müssen:

- Direkt zur Schmierbohrung des Wälzlagers führen
- Möglichst kurz sein
- Mit einer eigenen Leitung für jedes Lager ausgestattet sein.



Auf befüllte Leitungen achten, *Bild 2*; Leitung eventuell entlüften!
Hinweise der Schmieranlagenhersteller beachten!

Bild 2
Schmierstoffleitungen

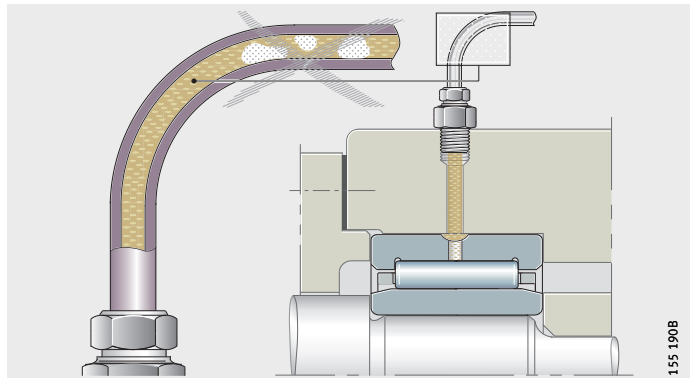
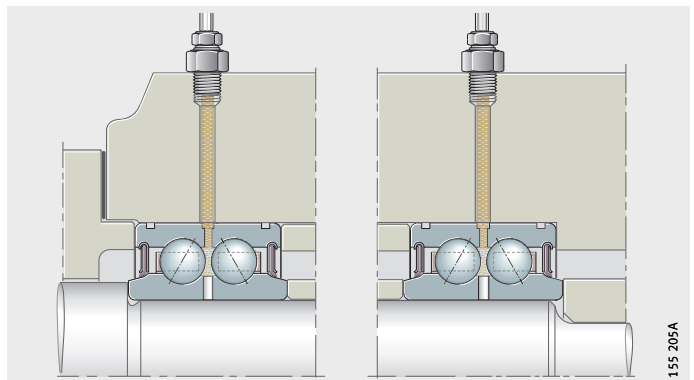


Bild 3
Anordnung der Leitungen
bei mehreren Lagern auf einer Welle



Schmierung

Schmierfette

Die optimale Lager-Gebrauchsdauer kann durch die Auswahl geeigneter Schmierfette erreicht werden. Zu berücksichtigen sind die anwendungstechnischen Einflussgrößen Lagertyp, Drehzahl, Temperatur und Belastung. Außerdem sind Einflussgrößen wie die Umgebungsbedingungen, Kunststoffbeständigkeit, gesetzliche und umweltbedingte Vorgaben sowie die Kosten zu beachten.

Spezifikation durch DIN oder Lastenheft

Die nach DIN 51825 genormten Schmierfette K sind bevorzugt zu verwenden. Diese Norm formuliert jedoch nur Mindestanforderungen an Schmierfette. Das bedeutet, dass Schmierfette einer DIN-Klasse Qualitätsunterschiede aufweisen können und für die entsprechende Anwendung auch unterschiedlich gut geeignet sein können. Die Wälzlagerhersteller spezifizieren die Fette daher häufig auch über Lastenhefte, die das Anforderungsprofil an das Fett ausführlicher beschreiben.

Erst- und Neubefettung

Beim Befetten der Lager sind folgende Hinweise zu beachten:

- Lager so befüllen, dass alle Funktionsflächen sicher Fett erhalten
- Vorhandenen Gehäuseraum neben dem Lager nur so weit mit Fett füllen, dass das aus dem Lager verdrängte Fett noch genügend Platz hat. Eine Umlaufteilnahme des Fettes soll damit vermieden werden. Schließt an das Lager ein größerer und nicht befüllter Gehäuseraum an, sollten Deck- oder Dichtscheiben sowie Stauscheiben dafür sorgen, dass eine angemessene Fettmenge (ähnlich der Menge, die für den normalen Füllungsgrad gewählt wird) in Lagernähe verbleibt. Empfohlen wird eine Fettfüllung von zirka 90% des ungestörten freien Lagervolumens. Damit ist das Volumen im Inneren des Wälzlagers gemeint, das nicht von umlaufenden Teilen (Wälzkörper, Käfig) berührt wird
- Bei sehr schnell umlaufenden Lagern, beispielsweise Spindelagern, wird im Allgemeinen eine geringere Fettmenge gewählt (zirka 60% des ungestörten freien Lagervolumens beziehungsweise zirka 30% des gesamten freien Lagervolumens), um die Fettverteilung beim Anlauf der Lager zu erleichtern
- Die Dichtwirkung einer Spaltdichtung wird durch die Bildung eines stabilen Fettkragens verbessert. Eine kontinuierliche Nachschmierung unterstützt diesen Effekt
- Über einen richtigen Füllungsgrad werden ein günstiges Reibungsverhalten und ein geringer Fettverlust erreicht
- Bei einer Druckdifferenz zwischen beiden Seiten des Lagers kann eine Luftströmung das Fett und das abgegebene Grundöl aus dem Lager herausfördern, andererseits aber auch Schmutz in das Lager transportieren. In solchen Fällen ist ein Druckausgleich über Durchbrüche und Bohrungen an den Anbauteilen erforderlich
- Langsam umlaufende Lager ($n \cdot d_M < 50\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$) und deren Gehäuse sind komplett mit Fett zu füllen. Die auftretende Walkreibung ist hier vernachlässigbar. Wichtig ist, dass das eingebrachte Fett durch Dichtungen und Stauscheiben im Lager oder in Lagernähe gehalten wird. Das Fett in Lagernähe bewirkt durch einen Depoteffekt grundsätzlich eine Verlängerung der Schmierfrist. Ein direkter Kontakt zum Fett im Lager ist jedoch Voraussetzung (Fettbrücke). Durch gelegentliche Erschütterung wird außerdem wieder Frischfett aus der Umgebung in das Lager gelangen (interne Nachschmierung)

- Wenn eine hohe Temperatur am Lager zu erwarten ist, sollte neben einem angepassten Fett zusätzlich ein Fettdepot mit einer zum Lager hin freien, möglichst großen, Öl abgebenden Fläche vorgesehen werden. Für das Depot ist eine Menge günstig, die dem Zwei- bis Dreifachen des normalen Füllungsgrades entspricht. Das Depot ist entweder auf einer Seite des Lagers oder besser zu gleichen Teilen beidseitig vorzusehen
- Beidseitig mit Dichtscheiben oder Deckscheiben abgedichtete Lager werden erstbefettet geliefert. Die üblich eingebrachte Fettmenge füllt zirka 90% des ungestörten freien Lagervolumens aus. Diese Füllmenge wird auch bei hohen Drehzahlkennwerten ($n \cdot d_M > 400\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$) gut im Lager gehalten. Bei höheren Drehzahlkennwerten bitte bei Schaeffler rückfragen. Ein höherer Füllungsgrad bei abgedichteten Lagern führt zu einer höheren Reibung und zu einem kontinuierlichen Fettverlust, bis sich der normale Füllungsgrad eingestellt hat. Bei Behinderung des Fettaustritts ist mit einem erheblichen Drehmoment- und Temperaturanstieg zu rechnen. Lager mit drehendem Außenring erhalten ebenfalls weniger Fett (50% der Normalfüllung)
- Bei höheren Drehzahlkennwerten kann sich bei nicht abgestimmter Fettmenge während der Anlaufphase, oft auch über mehrere Stunden, eine erhöhte Lagertemperatur einstellen, *Bild 4*. Die Temperatur ist umso höher und die Phase der erhöhten Temperatur umso länger, je stärker die Lager und die Räume neben den Lagern mit Fett gefüllt sind und je mehr der freie Fettaustritt erschwert wird. Abhilfe bringt ein sogenannter Intervalleinlauf mit entsprechend festgelegten Stillstandszeiten zur Abkühlung. Bei geeigneten Fetten und Fettmengen tritt Beharrung schon nach sehr kurzer Zeit ein.

Rillenkugellager, frisch befettet

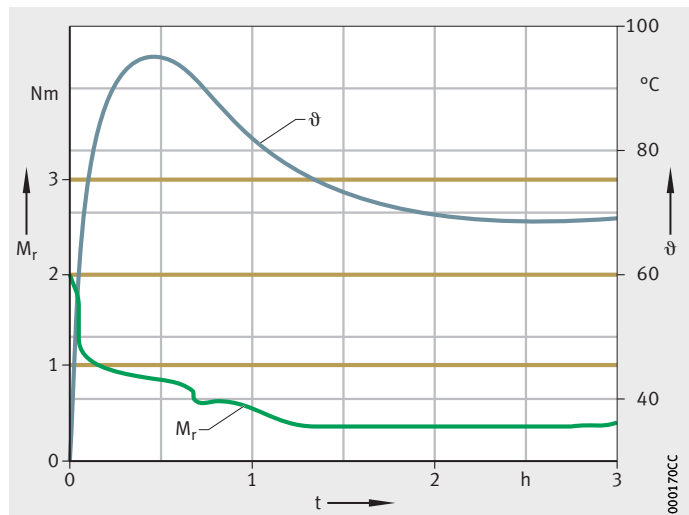
M_r = Reibungsmoment

t = Zeit

ϑ = Temperatur

Bild 4

Reibungsmoment und Temperatur



Schmierung

Wälzlagerfette Arcanol

Wälzlagerfette Arcanol unterliegen einer 100%-Qualitätskontrolle, *Bild 5*. Die Kontrollverfahren bei Schaeffler gehören zu den anspruchsvollsten am Markt. Damit erfüllen Wälzlagerfette Arcanol höchste Qualitätsanforderungen.

Die verschiedenen Fette decken nahezu alle Anwendungen ab. Sie werden durch erfahrene Anwendungstechniker entwickelt und von den besten Herstellern am Markt produziert. Je nach Anwendung werden verschiedene Fette verwendet.



Bild 5
Analyse zum Temperaturverhalten
von Fetten

Schmieröl

Zur Schmierung von Wälzlagern sind grundsätzlich Mineralöle und Syntheseöle geeignet. Schmieröle auf Mineralölbasis werden heute am häufigsten verwendet. Diese Mineralöle müssen mindestens die Anforderungen nach DIN 51517 (Schmieröle) erfüllen.

Sonderöle, oft synthetische Öle, werden eingesetzt, wenn extreme Betriebsbedingungen vorliegen. Besondere Anforderungen an die Beständigkeit des Öles bei erschwerten Bedingungen sind zum Beispiel Temperatur oder Strahlung. Namhafte Ölhersteller weisen die Wirksamkeit der Additive im Wälzlager nach. Besondere Bedeutung haben zum Beispiel wirksame Verschleißschutzadditive für den Betrieb von Wälzlagern im Mischreibungsbereich.

Weitere Informationen

- Weitere Informationen bezüglich der Aufbewahrung, Mischbarkeit und Auswahl von Schmierstoffen finden Sie in der TPI 176, Schmierung von Wälzlager.

Aufbewahrung von Wälzlager

Korrosionsschutz und Verpackung

Das Leistungsvermögen moderner Wälzlager bewegt sich an den Grenzen des technisch Machbaren. Nicht nur die Werkstoffe, sondern auch Maßgenauigkeiten, Toleranzen, Oberflächengüten und die Schmierung sind auf maximale Funktion optimiert. Bereits die kleinsten Abweichungen in Funktionsbereichen, verursacht zum Beispiel durch Korrosion, können das Leistungsvermögen beeinträchtigen.

Um die volle Leistungsfähigkeit von Wälzlager zu erhalten, müssen Korrosionsschutz, Verpackung, Aufbewahrung und Handhabung aufeinander abgestimmt sein. Korrosionsschutz und Verpackung sind Bestandteil des Produktes. Sie sind von Schaeffler dahin gehend optimiert, möglichst alle Eigenschaften des Produktes gleichzeitig zu konservieren. Neben dem Schutz der Oberflächen vor Korrosion sind hier vor allem Eigenschaften wie Notlaufschmierung, Reibung, Schmierstoffverträglichkeit, Geräuschverhalten, Alterungsbeständigkeit und Verträglichkeit mit Wälzlagerkomponenten (Messingkäfig, Kunststoffkäfig, Elastomerdichtung) wichtig. Korrosionsschutz und Verpackung sind von Schaeffler auf diese Eigenschaften abgestimmt. Dabei ist eine Aufbewahrung vorausgesetzt, wie sie für hochwertige Güter üblich ist.

Aufbewahrungsbedingungen

Grundvoraussetzung für die Aufbewahrung ist ein geschlossener Lagerraum, in dem keine aggressiven Medien einwirken können, wie zum Beispiel Abgase von Fahrzeugen oder Gase, Nebel oder Aerosole von Säuren, Laugen oder Salzen. Ebenso ist direktes Sonnenlicht zu vermeiden.

Die Aufbewahrungstemperatur sollte möglichst konstant sein und die Luftfeuchtigkeit möglichst niedrig. Temperatursprünge und erhöhte Luftfeuchtigkeit führen zu Kondenswasserbildung.

Folgende Bedingungen sind einzuhalten:

- Frostfreie Lagerung bei einer Mindesttemperatur von +5 °C (sichere Vermeidung von Reifbildung, bis zu 12 Stunden am Tag bis +2 °C erlaubt)
- Maximaltemperatur +40 °C (Vermeidung übermäßigen Ablaufens von Korrosionsschutzölen)
- Relative Luftfeuchtigkeit kleiner 65% (bei Temperaturänderungen maximal bis zu 12 Stunden am Tag bis zu 70% erlaubt).



Temperatur und Luftfeuchtigkeit müssen permanent überwacht werden!

Aufbewahrungszeiten

Wälzlager sollten nicht länger als 3 Jahre aufbewahrt werden. Dies gilt sowohl für offene als auch für befettete Wälzlager mit Deckel oder Dichtung. Speziell die befetteten Wälzlager sollten möglichst nicht zu lange aufbewahrt werden, weil Schmierfette ihr chemisch-physikalisches Verhalten während der Aufbewahrung verändern können. Auch wenn die Mindestleistungsfähigkeit erhalten bleibt, können doch Sicherheitsreserven des Schmierfettes abgebaut werden. In der Regel sind Wälzlager auch nach Überschreiten der zulässigen Aufbewahrungszeiten noch verwendbar, wenn die Aufbewahrungsbedingungen während des Einlagerns und des Transports eingehalten wurden. Werden die Aufbewahrungszeiten überschritten, empfiehlt sich vor Verwendung des Lagers zumindest eine Überprüfung auf Korrosion, den Zustand des Korrosionsschutzöles und gegebenenfalls den Zustand des Schmierfettes.

Dichtungen

Einteilung von Dichtungen

Dichtungen sind ausschlaggebend für den Schutz der Lager vor Verunreinigung. So können durch unzureichende Dichtungen Verunreinigungen in die Lager eindringen oder unzulässig viel Schmierstoff aus den Lagern austreten. Verschmutzte oder trocken laufende Lager fallen weit vor ihrer Ermüdungslebensdauer aus.

Berührungslose und berührende Dichtungen

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen berührungslosen und berührenden Dichtungen in der Anschlusskonstruktion und im Lager.

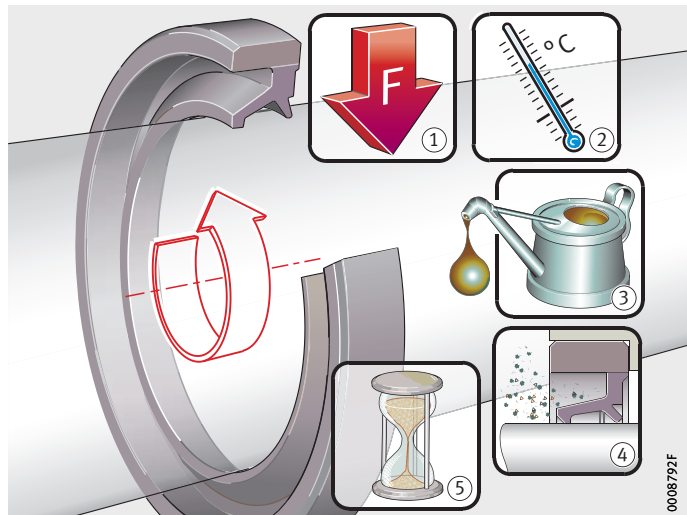
Berührungslose Dichtungen

Berührungslose Dichtungen sind zum Beispiel Spaltdichtungen, Labyrinthdichtungen, Stauscheiben oder Deckscheiben. Bei der Montage dieser Dichtungsformen ist ein besonderes Augenmerk auf die Größe des Dichtspalts nach der Montage und während der Anwendung zu legen. Der resultierende Dichtspalt im Betrieb wird durch äußere Einflüsse wie zum Beispiel Temperaturunterschiede, Belastungen und Verformungen maßgeblich beeinflusst, *Bild 1*.

- ① Belastung
- ② Temperaturunterschiede
- ③ Schmierstoffe
- ④ Verunreinigungen
- ⑤ Alterung

Bild 1

Einflüsse auf die Gebrauchsdauer von Dichtungen



Bei einer Fettschmierung des Lagers sind die auftretenden Dichtungsspalte mit dem gleichen Schmierfett zu füllen, welches auch innerhalb der Lagerung verwendet wird. Ein zusätzlicher Fettkragen an der Außenseite der Dichtung schützt das Lager vor Verunreinigungen.

Berührende Dichtungen

Berührende Dichtungen sind zum Beispiel Filzringe, V-Ringe oder Wellendichtringe mit einer oder mehreren Lippen. Sie liegen meist mit radialer Anpresskraft an der Lauffläche an. Die Anpresskraft sollte gering sein, damit das Reibungsmoment und die Temperatur nicht zu sehr ansteigen. Auch der Schmierzustand auf der Lauffläche, die Rauheit der Lauffläche und die Gleitgeschwindigkeit beeinflussen das Reibungsmoment, die Temperatur und den Verschleiß der Dichtung. Auch die sachgemäße Montage der Abdichtung hat einen entscheidenden Einfluss auf die mögliche Gebrauchsdauer des Lagers.

Abgedichtete Lager

Abgedichtete Wälzlager werden abhängig von der jeweiligen Lagerbauart und Baureihe mit unterschiedlichen Dichtungskonzepten ausgeführt.

Bei nahezu allen Lagern, die bei Lieferung bereits abgedichtet sind, sollte von einer Demontage der Dichtung Abstand genommen werden. Für den Fall, dass eine vormontierte Dichtung nicht ordnungsgemäß arbeitet, muss das gesamte Lager ausgetauscht werden.

Abgedichtete Lager dürfen nicht in einem Ölbad angewärmt werden, und die Anwärmtemperatur darf +80 °C nicht übersteigen.

Einbauraum und Randbedingungen einer Dichtstelle

In diesem Abschnitt wird auf den Einbauraum und die Randbedingungen von Dichtringen und Radial-Wellendichtringen (RWDR) eingegangen.

Einbauraum

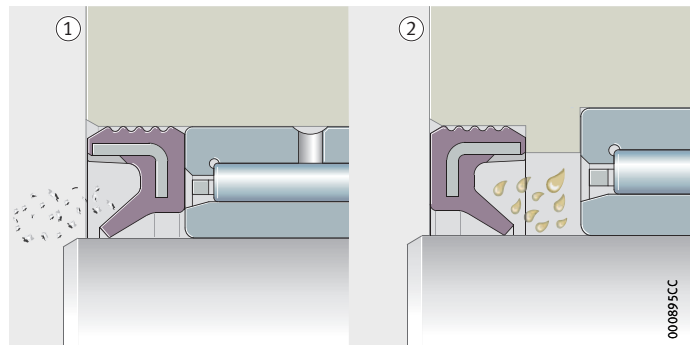
Um bei einer Dichtung die optimale Dichtwirkung zu erreichen, muss besonders der Einbauraum entsprechend modelliert werden. Dafür dienen unter anderem die DIN 3760 Radial-Wellendichtringe und die DIN 3761 Radial-Wellendichtringe für Kraftfahrzeuge. Für die Gestaltung der Welle und der Bohrung an einer Dichtstelle dient im Besonderen die DIN 3761-2. Die Angaben über den Einbauraum, die sich hier nur auf Radial-Wellendichtringe beziehen, sind auch auf Dichtringe übertragbar.

Im Allgemeinen gelten folgende Grundregeln:

- Die Anschlusskonstruktion ist so auszuführen, dass die Dichtlippen in axialer Richtung freiliegen
- Dichtringe sachgemäß handhaben und montieren. Nur dadurch ist eine lange und störungsfreie Dichtfunktion sichergestellt
- Einbaulage der Dichtlippe beachten, *Bild 2*.

- ① Dichtlippe nach außen
- ② Dichtlippe nach innen

Bild 2
Einbau nach Funktionsart der Dichtung



Dichtungen

Dichtungslaufläche

Die Dichtungslauflächen sind ein wichtiger Faktor für die Lebensdauer einer Dichtung.

Eigenschaften von Dichtungslauflächen

Dichtungslaufläche	Oberflächenrauheit	Mindesthärte
Gleitfläche für Radialdichtungen (Abdichtung bei Drehbewegung)	Ra = 0,2 µm – 0,8 µm	600 HV beziehungsweise 55 HRC
	Rz = 1 µm – 4 µm	
	Rz _{1 max} ≤ 6,3 µm	
Gleitfläche für Stangen und Kolbendichtungen (Abdichtung bei Axialbewegung)	Ra = 0,05 µm – 0,3 µm	600 HV beziehungsweise 55 HRC
	Rmr(0) 5% Rmr(0,25×Rz) 70%	
	Rz _{1 max} ≤ 2,5 µm	
Berührflächen (statische Abdichtung)	R ≤ 1,6 µm	–
	Rz ≤ 10 µm	
	Rz _{1 max} ≤ 16 µm	

Montagehinweise

Unabhängig von der Dichtungsart oder der Dichtungsform ist bei jeder Montage darauf zu achten, dass die Dichtung dabei nicht verletzt wird. Auch bei direktgedichteten Lagern muss bei der Lagermontage darauf geachtet werden, dass die vormontierte Dichtscheibe in keinem Fall verletzt oder gar verformt wird.

Montage von Dichtungen

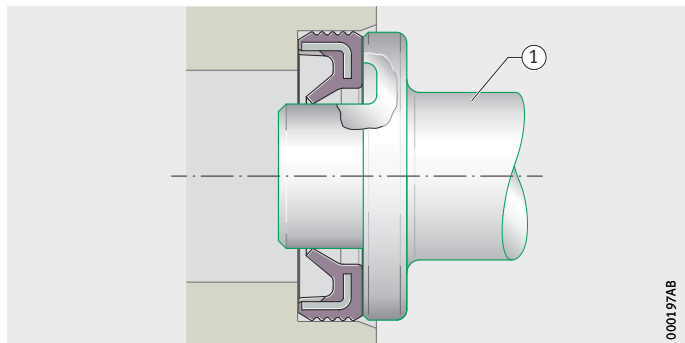
Bei der Gestaltung der axialen Anschlusskonstruktion ist darauf zu achten, dass die Dichtlippen in axialer Richtung freiliegen.

So bauen Sie Dichtungen richtig ein:

- Dichtlippe gegen eindringenden Staub und Schmutz nach außen richten, *Bild 2*, ①, Seite 41
- Dichtlippe gegen austretenden Schmierstoff nach innen richten, *Bild 2*, ②, Seite 41. Bei Dichtringen SD ist die Seite mit der Schutzlippe beschriftet. Sie soll von innen nachgeschmiert werden, deshalb muss die Lippe nach außen zeigen
- Die Laufläche auf der Welle und Dichtlippe fetten oder ölen. Dadurch ist beim Anfahren die Reibungsleistung niedriger. Bei Dichtringen mit ummanteltem Versteifungsring – Dichtring G – die Außenfläche vor dem Einpressen ölen. Dadurch wird die Montage ins Gehäuse erleichtert
- Dichtringe mit Einpressvorrichtung und geeignetem Einpresswerkzeug sorgfältig in die Gehäusebohrung pressen, *Bild 3*.

① Einpresswerkzeug

Bild 3
Einbau mit Einpresswerkzeug

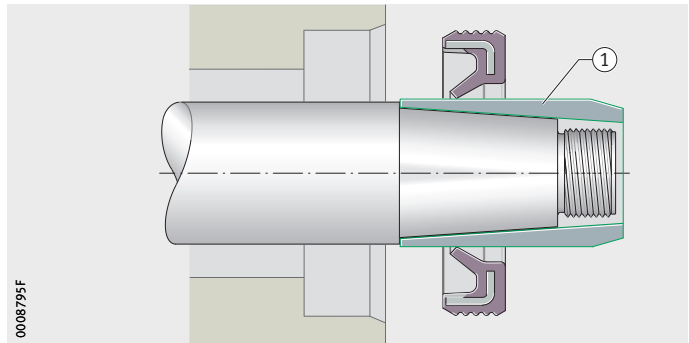


000197AB

- Dichtlippe vor Beschädigung schützen. Dazu scharfkantige Wellenenden, Nuten, Verzahnungen und Gewinde durch Montagehülsen abdecken, *Bild 4*
- Dichtringe so montieren, dass die Einpresskraft möglichst nahe am Außendurchmesser angreift. Dichtringe SD haben ein Übermaß am Außendurchmesser. Dadurch wird der Festsitz nach dem Einpressen der Ringe eventuell in der Gehäusebohrung erreicht. Die Ringe nehmen in der Bohrung ihre geometrisch richtige Form an.

① Montagehülse

Bild 4
Einbau mit Montagehülse



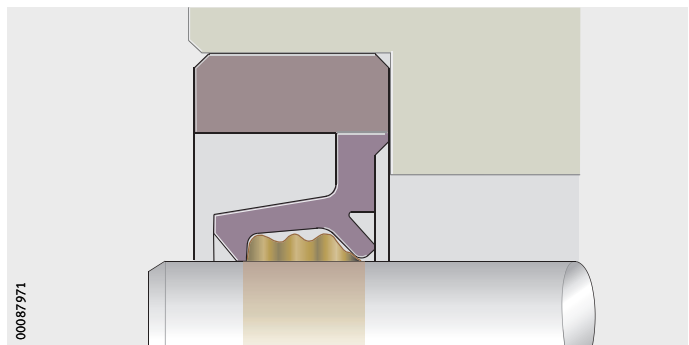
- Dichtringe rechtwinklig zur Wellenachse und Gehäusebohrung montieren, *Bild 7*.



Maximale Abweichung der Rechtwinkligkeit zwischen Dichtring und Wellenachse im eingebauten Zustand nicht überschreiten, siehe Tabelle! Größere Abweichungen beeinflussen die Dichtwirkung!

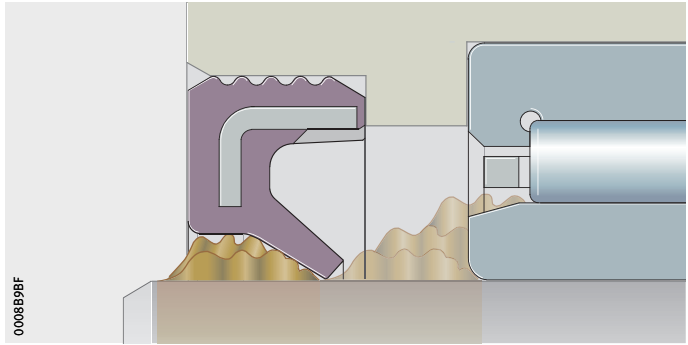
- Bei Dichtringen SD den Raum zwischen Dicht- und Schutzlippe mit Schmierfett füllen, *Bild 5*
- Nach dem Einbau die Dichtringe einlaufen lassen und die Dichtfunktion prüfen. Eine geringe Leckage (Fett- oder Flüssigkeitsfilm) zur Schmierung der Dichtlippenkontaktfläche ist erwünscht.

Bild 5
Fettfüllung
zwischen Dicht- und Schutzlippe



Dichtungen

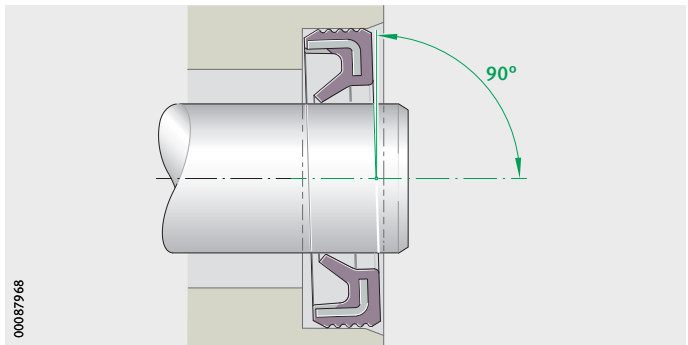
Bild 6
Fettkragen
zum Unterstützen der Dichtwirkung



**Maximale Abweichung
der Rechtwinkligkeit**

Wellendurchmesser d mm	Maximale Abweichung mm
$d < 25$	0,1
$d \geq 25$	0,2

Bild 7
Rechtwinkligkeit –
Lager des Dichtrings
zur Wellenachse/Gehäusebohrung



Montage von O-Ringen

Bei einem O-Ring ist die richtige Platzierung in der Nut sehr wichtig. Um den O-Ring bei der Montage nicht zu verletzen, sollten scharfe Kanten vermieden werden. Eine Einführschräge eliminiert nicht nur eine scharfe Kante, sondern begünstigt auch noch das Einpressen des O-Rings. Dabei sollte die Einführschräge im Winkelbereich zwischen 10° und 20° sein.

Dabei ist zu beachten:

- Vor der Montage müssen die Schnurstärke und der Innendurchmesser des O-Rings kontrolliert werden
- Die Dichtstelle muss sauber und frei von Partikeln sein
- Auf keinen Fall darf der O-Ring in die Nut geklebt werden! Alternativ kann ein Montagefett verwendet werden, wenn eine chemische Verträglichkeit festgestellt wurde
- Bei der Montage darf der O-Ring nicht über scharfe Kanten, Gewinde, Nuten und Einschübe getrieben werden
- Die Verwendung von scharfen oder spitzen Werkzeugen ist nicht erlaubt
- Durch den Einbau darf der O-Ring nicht mehr als 5% bis 6% gedehnt werden
- Die Überdehnung des Innendurchmessers während der Montage sollte nicht über 50% liegen
- Es ist sicherzustellen, dass der O-Ring während der Montage nicht verdreht montiert ist
- Verwenden Sie für die Demontage eines O-Rings immer ein spezielles Demotagewerkzeug.

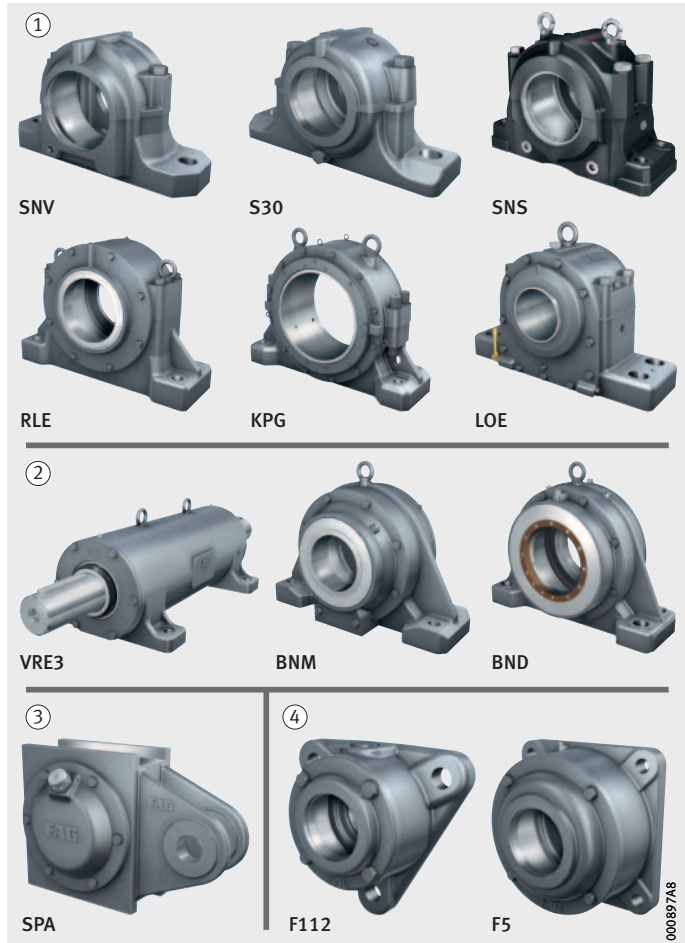
Demontage von Dichtungen

Nach dem Lösen eines Dichtkontakts, zum Beispiel bei der Demontage eines Deckels oder eines Radial-Wellendichtringes, muss die Dichtung ersetzt werden. Da die Dichtung bereits durch die Erstmontage im Dichtkontakt war und dadurch eine Verformung erfahren hat, kann bei einer erneuten Verwendung der Dichtung die Dichtheit nicht gewährleistet werden. Darüber hinaus werden die meisten Dichtungen bei der Demontage ohnehin stark deformiert oder sogar zerstört. Bei der Demontage ist darauf zu achten, dass die Dichtungslaufläche nicht beschädigt wird.

Lagergehäuse

Gehäusebauformen

Gehäuse werden meist als Stehlagergehäuse (geteilt oder ungeteilt) oder als Flanschlagergehäuse ausgeführt. Allerdings kommen in den unterschiedlichsten Anwendungen auch eine Vielzahl an Sondergehäusen zum Einsatz. Sie werden überwiegend aus Grauguss und Sphäroguss gefertigt und bilden zusammen mit dem zugehörigen Lager und den Dichtungen eine gemeinsame Einheit.



- ① Geteilte Stehlagergehäuse
- ② Ungeteilte Stehlagergehäuse
- ③ Ungeteiltes SPA-Gehäuse
- ④ Flanschlagergehäuse

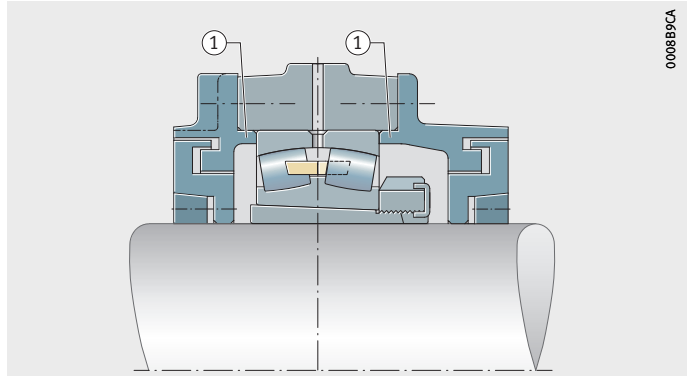
Bild 1
Lagergehäuse

Gehäuse in Fest- und Loslagerausführung

Bei diesem Gehäusekonzept zur Realisierung von Fest- oder Loslagerung muss das Gehäuse je nach Bedarf in einer Festlagerausführung oder einer Loslagerausführung ausgeführt sein. Dies gilt für die Gehäuse RLE, KPG, KPGZ, LOE, BNM, BND und SPA. Bei der Festlagerausführung werden die Lager zwischen den Deckeln der Gehäuse axial eingespannt, *Bild 2*. Bei der Loslagerausführung haben die Deckel kürzere Zentrieransätze. Dadurch kann sich das Lager axial verschieben, *Bild 3*.

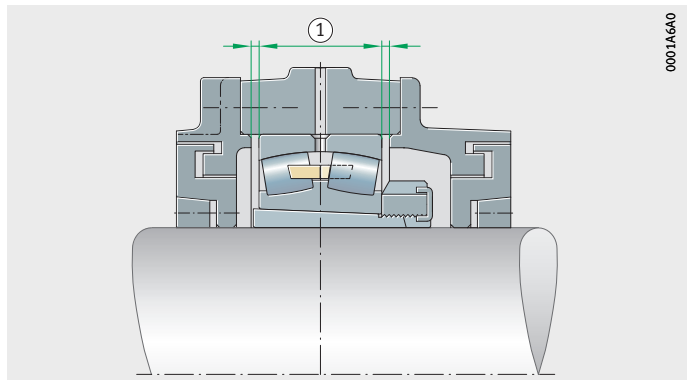
- ① Zentrieransätze der Deckel fixieren das Lager axial

Bild 2
Gehäuse in Festlagerausführung



- ① Lager ist axial verschiebbar

Bild 3
Gehäuse in Loslagerausführung



Lagergehäuse

Gehäuse mit Festringen

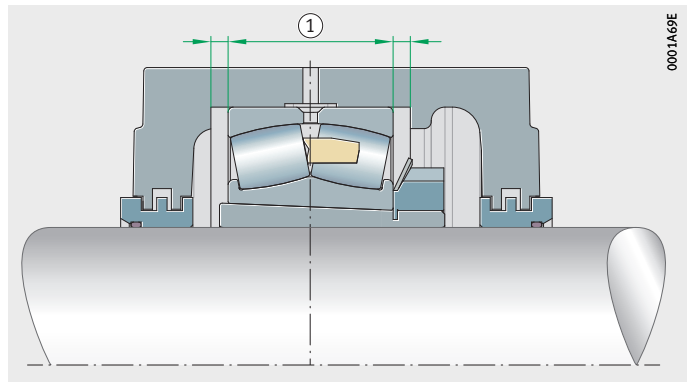
Bei vielen Gehäusen sind die Lagersitze so gestaltet, dass das Lager axial verschiebbar ist und dadurch als Loslager wirkt, *Bild 4*.

Bei diesem Gehäusekonzept wird zur Realisierung einer Festlagerung ein sogenannter Festring verwendet, *Bild 5*. Dies gilt für die Gehäuse SNV, S30, SNS und F5.

Durch das Einlegen von Festringen werden die Lager axial fixiert. Die Festringe werden in der Regel zu beiden Seiten des Lagers ins Gehäuse eingelegt. Meist ist eine gerade Anzahl von Festringen vorgegeben, wodurch ein mittlerer Sitz des Lagers im Gehäuse erreicht wird. In einigen Fällen ist ein einziger Festring ausreichend.

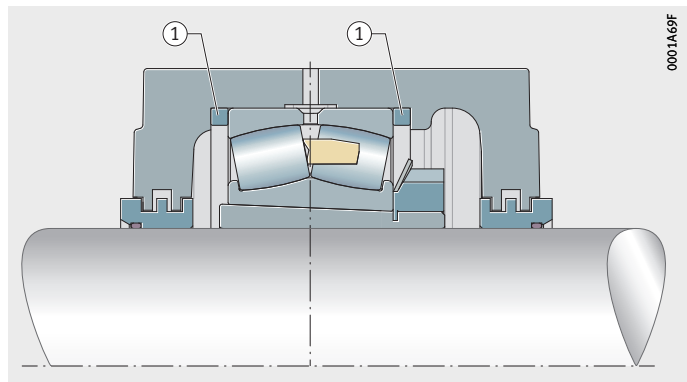
① Lager ist axial verschiebbar

Bild 4
Loslagerung,
keine Festringe eingelegt



① Festringe fixieren das Lager axial

Bild 5
Festlagerung
durch eingelegte Festringe



Gehäusedichtungen

In Lagergehäusen werden meist Wälzlager wie Pendelrollenlager, Tonnenlager und Rillenkugellager eingebaut, die über keine eigene Abdichtung verfügen. Deshalb muss die Abdichtung der Lagerstelle durch das Gehäuse erfolgen. Zur Abdichtung des Gehäuses gegen die Welle stehen je nach Einsatzbedingungen berührende Dichtungen, berührungsfreie Dichtungen und Kombinationen aus diesen zur Verfügung. Auch können diese Dichtungen entweder in geteilter oder in ungeteilter Form bestellt werden.

Montage

Für die meisten Gehäuse-Baureihen von Schaeffler liegen Montageanleitungen vor. In manchen Fällen bestehen auch anwendungsspezifische Anleitungen. Die fachgerechte Montage hat entscheidenden Einfluss auf die erreichbare Lagerlebensdauer.

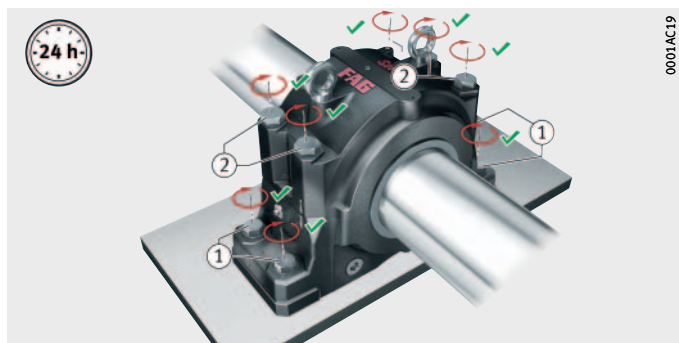
Besonderheiten bei der Gehäusemontage

Bei der Montage von Gehäusen ist Folgendes zu beachten:

- Anschlussmaße und kritische Abmessungen sind vor dem Beginn der Montage zu überprüfen
- Ober- und Unterteile von verschiedenen Gehäusen dürfen nicht vertauscht werden
- Vor der Montage sollten sämtliche Schmierbohrungen gesäubert werden
- Schrauben müssen trocken und frei von Schmierstoffen sein
- Die Gehäusebohrung ist dünn mit Montagepaste einzuschmieren
- Bei geteilten Lagern werden zuerst die Fußschrauben und anschließend die Deckelschrauben auf das erforderliche Drehmoment angezogen
- Die vorgegebene maximale Schmierstoffmenge darf nicht überschritten werden
- Nach der Montage ist die präzise Ausrichtung und das Anziehdrehmoment der Schrauben erneut zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren, *Bild 6*.

- ① Fußschrauben
- ② Verbindungsschrauben

Bild 6
Anziehdrehmomente prüfen



Lagergehäuse

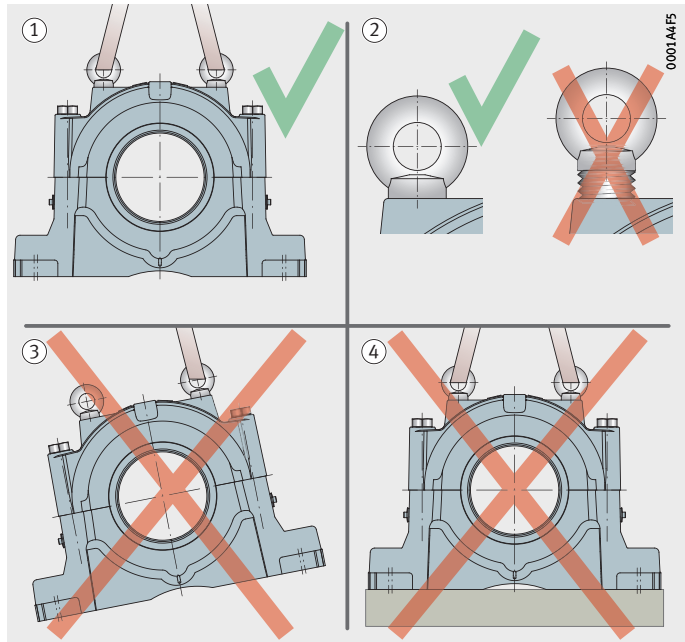
Ringschrauben

Bei vielen Gehäusen ist der Gehäusekörper mit ein oder zwei Ringschrauben nach DIN 580 ausgestattet. Diese sind als Anschlagpunkte für den Ein- und Ausbau des Gehäuses vorgesehen. Die Tragfähigkeit der Ringschrauben ermöglicht das Heben des Gehäuses, bei vielen Gehäusen einschließlich eines eingebauten Lagers, jedoch ohne Welle. Angaben dazu sind der Beschreibung des jeweiligen Gehäuses zu entnehmen.

Korrekte Verwendung der Ringschrauben im Gehäusekörper

Vorgaben zur Verwendung der Ringschrauben als Anschlagpunkte, *Bild 7:*

- Ringschrauben immer ganz ins Gehäuse einschrauben
- Sind für den Gehäusekörper mehrere Ringschrauben vorgesehen, immer alle Ringschrauben gleichzeitig als Anschlagpunkte verwenden
- Ringschrauben nur zum Heben des Gehäuses und, wenn für dieses Gehäuse erlaubt, des eingebauten Lagers verwenden. Eine höhere Belastung durch zusätzlich am Gehäuse befestigte Anbauteile ist nicht zulässig.



- ① Korrekte Verwendung der Ringschrauben als Anschlagpunkte
- ② Ringschrauben ganz einschrauben
- ③ Immer alle Ringschrauben gleichzeitig verwenden
- ④ Keine Zusatzbelastung durch Anbauteile

Bild 7

Korrekte Verwendung der Ringschrauben im Gehäusekörper

Beschaffenheit der Aufspannfläche

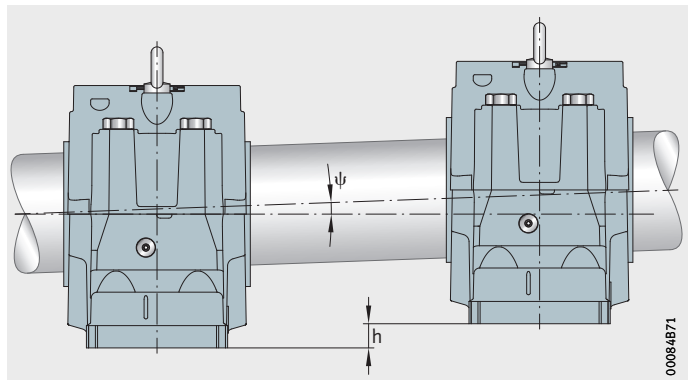
Anforderungen an die Aufspannfläche, auf der das Gehäuse montiert wird:

- Ausreichend stabil, um die im Betrieb auftretenden statischen und dynamischen Beanspruchungen dauerhaft zu ertragen
- Oberflächenrauheit $R_a \leq 12,5$
- Ebenheitstoleranz nach DIN EN ISO 1101 von IT7, gemessen über die Diagonale
- Farbfrei.

Ein Niveauunterschied zwischen den Aufspannflächen der Lagergehäuse führt zu einem Fluchtungsfehler der Welle, *Bild 8*.

ψ = Fluchtungsfehler der Welle
 h = Niveauunterschied zwischen den Aufspannflächen

Bild 8
Fluchtungsfehler der Welle



Der zulässige Fluchtungsfehler hängt vom Gehäuse und der Dichtungsvariante ab. Die Niveauunterschiede sind so auszugleichen, dass der zulässige Fluchtungsfehler nicht überschritten wird. Dazu können Ausgleichsscheiben verwendet werden.

Zusätzlich muss sichergestellt sein, dass die verbauten Lager die auftretenden Fluchtungsfehler ausgleichen können.

Anziedrehmomente für Verbindungsschrauben

Bei geteilten Gehäusen ist das erforderliche Anziedrehmoment der Verbindungsschrauben für die obere und untere Gehäusehälfte anhand des Schaeffler-Katalogs GK 1, Lagergehäuse, zu ermitteln. Der Anziehvorgang sollte schrittweise und über Kreuz erfolgen.

Lagergehäuse

Anziehdrehmomente für Fußschrauben

Fußschrauben dienen zur Verschraubung der Gehäuse auf der Aufspannfläche. Sie gehören nicht zum Lieferumfang der Gehäuse.

Die folgende Tabelle enthält Anziehdrehmomente für metrische Regelgewinde nach DIN 13, DIN 962 und DIN ISO 965-2 sowie Kopfauflegemaße nach DIN EN ISO 4014, DIN EN ISO 4017, DIN EN ISO 4032, DIN EN ISO 4762, DIN 6912, DIN 7984, DIN 7990 und DIN EN ISO 8673.

Die maximalen Anziehdrehmomente gelten bei 90%iger Ausnutzung der Streckgrenze des Schraubenwerkstoffs 8.8 und bei einer Reibungszahl von 0,14. Wir empfehlen, die Fußschrauben mit zirka 70% dieser Werte anzuziehen, siehe Tabelle.

Anziehdrehmomente für Fußschrauben mit metrischem Gewinde nach DIN 13, DIN 962 und DIN ISO 965-2

Schrauben-Nenngröße	Maximales Anziehdrehmoment Nm	Empfohlenes Anziehdrehmoment Nm
M6	11,3	8
M8	27,3	20
M10	54	35
M12	93	65
M16	230	160
M20	464	325
M24	798	550
M30	1 597	1 100
M36	2 778	1 950
M42	3 991	2 750
M48	6 021	4 250
M56	9 650	6 750
M64	14 416	10 000
M72	21 081	14 500
M80	29 314	20 500
M90	42 525	29 500
M100	59 200	41 000

Horizontale Fixierung

Bei Stehlagergehäusen kann zusätzlich zu den Fußschrauben eine horizontale Fixierung des Gehäuses erforderlich sein.

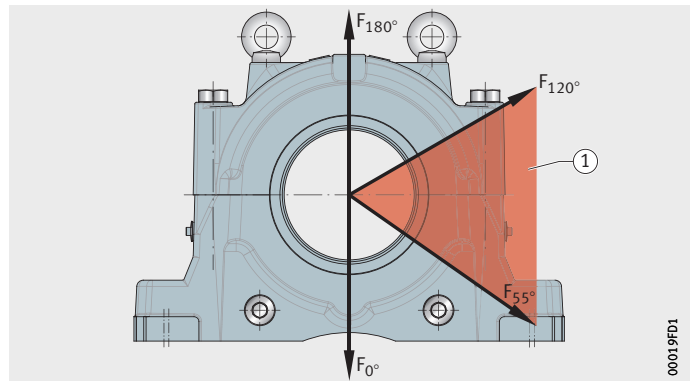
Eine solche horizontale Fixierung ist erforderlich, wenn eine der folgenden Bedingungen vorliegt:

- Der Lastwinkel liegt zwischen 55° und 120° , *Bild 9*
- Es liegt eine axiale Belastung vor.

Je nach Gehäuse kann die Fixierung durch Anschläge in Lastrichtung oder durch Stifte vorgenommen werden.

① Bereich des Lastwinkels, der eine horizontale Fixierung des Gehäuses erfordert

Bild 9
Lastrichtungen an einem Stehlagergehäuse



00019FD1

Weitere Informationen

Weitere Informationen

Diese PDF-Datei ist Teil von „medias“ (medias.schaeffler.de). Bitte beachten Sie auch alle weiteren, dort angebotenen Informationen (Internet-Seiten, PDF-Dateien), sofern diese Informationen für Ihre Aufgabe zutreffend sind.?

**Schaeffler Technologies
AG & Co. KG**

Industriestraße 1–3
91074 Herzogenaurach
Deutschland
Internet www.ina.de
E-Mail info.de@schaeffler.com

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9132 82-0
Telefax +49 9132 82-4950

**Schaeffler Technologies
AG & Co. KG**

Georg-Schäfer-Straße 30
97421 Schweinfurt
Deutschland
Internet www.fag.de
E-Mail faginfo@schaeffler.com

In Deutschland:

Telefon 0180 5003872
Telefax 0180 5003873

Aus anderen Ländern:

Telefon +49 9721 91-0
Telefax +49 9721 91-3435

Alle Angaben wurden sorgfältig erstellt und überprüft. Für eventuelle Fehler oder Unvollständigkeiten können wir jedoch keine Haftung übernehmen. Technische Änderungen behalten wir uns vor.

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Ausgabe: 2017, August

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit unserer Genehmigung.

MH 1 D-D